

UNCLASSIFIED/UNLIMITED

2



NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
ORGANISATION DU TRAITE DE L'ATLANTIQUE NORD

0738-92

AD-A255 509



TECHNICAL PROCEEDINGS
AC/243-TP/3

Volume A

Proceedings from the 31st DRG Seminar on Robotics in the Battlefield

DTIC
ELECTE
SEP 15 1992
S A D

Defence Research Group

*Actes du 31^{ème} Séminaire sur
la robotique du champ de Bataille*

Groupe sur la Recherche pour la Défense

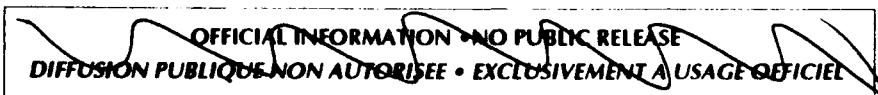
92 9 14 005

406185

92-25111



103pp



SANS CLASSIFICATION/DIFFUSION ILLIMITEE

REPORT DOCUMENTATION PAGE			
1. Recipient's Reference:		2. Further Reference:	
3. Originator's Reference: AC/243-TP/3 Vol. A		4. Security Classification: UNCLASSIFIED/UNLIMITED	
		5. Date: 1 JUN 92	6. Total Pages: 100 p.
7. Title (NU): PROCEEDINGS OF THE SEMINAR ON THE "ROBOTICS IN THE BATTLEFIELD"			
8. Presented at: 31st DRG Seminar, 6-8 March 1991, Paris			
9. Author's/Editor's: M. D. Brugere			
10. Author(s)/Editor(s) Address: Dassault Electronique 55, Quai Marcel Dassault 92214 Saint-Cloud France		11. NATO Staff Point of Contact: Defence Research Section NATO Headquarters B-1110 Brussels Belgium (Not a Distribution Centre)	
12. Distribution Statement: Approved for public release. Distribution of this document is unlimited, and is not controlled by NATO policies or security regulations.			
13. Keywords/Descriptors: ROBOTICS, BATTLEFIELD ROBOTICS, TELEOPERATION, AUTONOMOUS VEHICLE			
14. Abstract: Proceedings from the DRG 31st Seminar on Robotics in the Battlefield sessions were on Users' Concepts, Integration and Architecture, Man/Machine Interface, Sensors and Piloting.			

CONSEIL DE L'ATLANTIQUE NORD NORTH ATLANTIC COUNCIL

UNCLASSIFIED / UNLIMITED

ORIGINAL: ENGLISH/FRENCH
1 June 1992

TECHNICAL PROCEEDINGS
AC/243-TP/3
Volume A

DEFENCE RESEARCH GROUP

Proceedings from the DRG Seminar on
Robotics in the Battlefield
held on 6-8 March 1991 in Paris, France

1. These are the proceedings from the DRG Seminar on Robotics in the Battlefield, held on 6-8 March 1991 in Paris, France.
2. This report is published in three volumes:
 - Volume A (U/U) contains:
 - . The Executive Summary
 - . The Opening Addresses by Dr. A. Grant, M. M. Bresson and Colonel Marescaux
 - . The Concluding Remarks by the Sessions Chairmen
 - Volume B consists of the NATO UNCLASSIFIED presentations
 - Volume C consists of the UNCLASSIFIED/UNLIMITED presentations.
3. The Executive Summary ("Yellow Pages") will be published under reference AC/243-N/357 dated 1 June 1992.

(Signed) Dr. J. VERMOREL
Defence Research Section

NATO,
1110 Brussels.



AC/243-TP/
3 VOL A

UNCLASSIFIED / UNLIMITED

UNCLASSIFIED / UNLIMITED

-2-

AC/243-TP/3

TABLE OF CONTENTS

VOLUME A

<u>Subject</u>	<u>Page No.</u>
Executive Summary	A1.1 - A1.4
Opening Addresses:	
- Dr. A.J. Grant, Chairman of the Defence Research Group	A2.1 - A2.2
- M. M. Bresson, Président d'Honneur du Séminaire	A3.1 - A3.28
- Col. Marescaux, French Army General Staff	A4.1 - A4.12
Concluding Remarks by the Session Chairmen:	
- User's Concepts, by E. Schwan	A5.1
- Integration and Architecture , by C. Fargeon	A5.2
- Man/Machine Interface I, by D.C. Hodge	A5.3
- Sensors and Piloting I, by Maj. Gen. G. Maurandi	A5.4 - A5.5
- Integration Architecture, by Lt.Col. Y Baudouin	A5.6
- Man/Machine Interface II, by J. Grodski	A5.7
- Sensors and Piloting II, by. Dr. Bateman	A5.8 - A5.9

List of Participants

Accession For	J
NTIS CRA&I DTIC TAS Unannounced Justification	
By
Distribution	
Availability
Dist	
A-1	

1 - 38

DTIC QUALITY INSPECTED 3

UNCLASSIFIED / UNLIMITED

-2-

UNCLASSIFIED / UNLIMITED

AC/243-TP/3

-3-

VOLUME B

- Sensory Feedback Requirements in Battlefield Teleoperation by Mr. R.H. Thomas B1 - B1.11
- PANTHEON: An Object-Oriented Layer-Based Approach to Image Understanding in Unstructured Environments by A. De Grandis, N. Pitacco, A. Trabattoni B2 - B2.15
- Artificial Intelligence in Battlefield Robotics by E. Schwan B3 - B3.16
- US Plans for Unmanned Ground Vehicles by Maj. L.M. Hennebeck B4 - B4.12
- User's Perspective Tactical Unmanned Ground Vehicle CALEB by P.A. Johnson Jr. B5 - B5.17
- Telecommunications Methods for the Training Wheels System by D.G. Krantz, W.F. Kraetz B6 - B6.16
- A Stepped Approach to the Robotization of Land Operations by G. Caligiani, G. Croacicchio, P.G. Magnani, M. Tommasi B7 - B7.11
- Testing Standardization for Unmanned Ground Vehicles by R.J. Resendes, Capt. J.K. Berry B8 - B8.12
- The Mobile Advanced Robotics Defence Initiative (MARDI) in UK by P.J. Bateman B9 - B9.12
- ROVA - An Autonomous Road Vehicle by Dr. J.T. Savage B10- B10.18
- Design & Field Performance of the Grumman-US Army/UGV-JPO Teleoperated Mobile All-Purpose Platform (TMAP) by Mr. J. Kirsch B11- B11.8
- Remote Vision Systems for Teleoperated Ground Vehicles by A.Y. Umeda, S.W. Martin, J.O. Merritt B12- B12.13
- Computer-Aided Teleoperation for an off-road mobile Robot by MM. Potel, Richard, Tournassoud, Mercier, Ollier B13- B13.20
- Robot-Motion in Unstructured Environment by MM. Bartha, Eibert, Lux, Schaefer B14- B14.16
- TILT: Caméra laser tridimensionnelle pour la robotique mobile by J.P. Cariou, D. Goular B15- B15.7

UNCLASSIFIED / UNLIMITED

-3-

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

-4-

AC/243-TP/3

- Robot Vision for an Autonomous Land Vehicle
by Dr. C.P. Blackman B16- B16.10
- Radio Communication Links for Robotic Vehicles
by J.R. Sharman B17- B17.16
- Automatic Electronic Image Stabilization
by Dr. P. Church, Dr. T. Gajdicar B18- B18.20
- Command and Control Structure and Perception System
of the German MoD Experimental Program "Robotics on
the Battlefield"
by Dr. A. Zapp B19- B19.12
- Autonomous Road Vehicle Control using Real-Time Computer
Vision
by MM. Thomas, Dagless, Lotufo, Milford, Morgan, Schaaser B20- B20.10

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

-4-

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

AC/243-TP/3

-5-

VOLUME C

- The Evolutionary Role of Humans in the Human/Robot Systsem C1 - C1.7
by T.M. Granda, M. Kirkpatrick III, L.A. Peterson
- Real and Virtual World Stereoscopic Displays for C2 - C2.16
Teleoperation
by J.J. Grodski, P. Milgram, D. Drascic
- Remote Operations Using a Low Data Rate Communications Link C3 - C3.18
by M.M. Glumm, L.A. Peterson
- Intelligent Perception Control System for Mobile Robots C4 - C4.10
by I. Lecoeur, A. Koenig
- Cooperative Control C5 - C5.11
by D.W. Payton, C.P. Dolan
- Etude de concepts de robots de combat C6 - C6.11
by A. Briand, R. Baton, S. Muller
- Robots Trials: Dards Test-Bed C7 - C7.14
An Approach for Robot's Testing
- Experimental Robot System for Human Engineering C8 - C8.14
Research in Land Operated Vehicles
by Dr.-Ing. K.-P. holzhausen, Dipl.-Ing. H.-L. Wolf
- Objective Assessments of Mobility with an Early Unmanned C9 - C9.14
Ground Vehicle (UGV) Prototype Viewing System
by E.H. Spain
- Interactions homme/machine pour les robots mobiles C10- C10.9
militaires
by G. Clément, P. Gravez, R. Cade
- Apports et limitations de l'automatisation des actions C11- C11.14
élémentaires de pilotage d'un véhicule en vue d'en
améliorer et d'en simplifier la télécommandabilité
by M. Urvoy
- Adaptation de l'algorithme A * à la mobilité intelligente C12- C12.20
de robots dans un environnement constitué d'obstacles et
identification d'objectifs
by Lt.Col. IMM Baudoin, Prof.Dr.Ir. Acheroy
- Impedance Control for Military Operations C13- C13.36
by D.S. Necsulescu, R. Jassemi-Zargani, S. Kalaycioglu
- Surrogate Teleoperated Vehicle (STV) - A Modular testbed C14 -C14.14
by S.D. Myers

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

-5-

EXECUTIVE SUMMARY

The 31st seminar of NATO's Defense Research Group (DRG) was on battlefield robotics and was hosted by the Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées (ENSTA) in Paris from March 6 to 8, 1991.

In July 1985, a NATO exercise (DRG Commission 1) on the same topic was held at the same location. The DRG seminar therefore provided the forum, five years after this exercise, for taking stock of the work done on battlefield robotics and to measure the progress made during this period.

The seminar was attended by almost 230 people - a record for NATO DRG seminars - representing both the Services and the university and industrial worlds of most NATO countries.

Participants were able to hear more than 35 papers and attend a number of poster sessions. Topics included the programmes conducted by the various countries as well as research on more technical or scientific aspects of battlefield robotics.

From these papers and the accompanying discussions, the following main conclusions may be drawn:

- **Battlefield robotics is becoming a field in itself and is generating its own momentum, but it still needs to be given structure and form.**
- **Land-based battlefield robotics (vehicles) cannot be fully distinguished from the aerial robotics (drones), and synergies are possible between the two.**

AC/243-TP/3

A1.2

- There should be no polarisation between "teleoperated" and "autonomous" systems, since there is an infinity of intermediate solutions between the two extremes.
- Progress should be made in demonstrating the operational validity of battlefield robotics concepts. This assumes increasing user involvement and a concrete, pragmatic approach in projects.
- Much progress is still required in certain fundamental technical aspects of battlefield robotics (man-robot interface, perception of the environment, data communication, etc).
- The short, medium and long term objectives should be more clearly identified, so that those involved (the services, research laboratories and manufacturers) can build their own coherent strategies.

It appears that Battlefield Robotics is a field which lends itself well to a complementarity between the work done in the different countries and that increased international collaboration in this field is wished by most of the participants.

In the seminar's closing session, the Ingénieur Général de l'Armement Paul Ivan de SAINT GERMAIN, Director of Research (DRET : Direction des Recherches, Etudes et Techniques) at the French Ministry of Defence, noted the discussions held during the seminar and their main conclusions.

He was pleased with the progress achieved in battlefield robotics, the momentum that is building and the desire for cooperation between NATO partners.

To strengthen this cooperation, he suggested that NATO's DRG set up an ad hoc structure which would initiate and direct action in this field. He expressly asked the French representative to submit a proposal along these lines to DRG.

A1.3

AC/243-TP/3

NOTE DE SYNTHESE

Le 31ème Séminaire du Groupe des Recherches de Défense de l'OTAN (GRD/OTAN) s'est tenu à Paris, dans les locaux de l'Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées (ENSTA), du 6 au 8 Mars 1991, sur le thème de la Robotique du Champ de Bataille.

En juillet 1985, s'était tenu, dans les mêmes lieux, un exercice OTAN sur le même thème (Commission 1 du GRD). Le Séminaire GRD a donc permis, 5 ans après cet exercice, de faire un bilan des travaux menés dans le domaine de la Robotique du Champ de Bataille et de mesurer les progrès accomplis pendant cette période.

Le Séminaire a regroupé près de 230 personnes - ce qui constitue le record pour les séminaires du GRD/OTAN - représentant la plupart des pays de l'OTAN et appartenant tant aux Services Officiels qu'aux mondes universitaire et industriel de ces pays.

Les participants ont pu suivre plus de 35 exposés complétés par un certain nombre de posters. Ces interventions ont couvert, tant les programmes menés par les différents pays que les recherches portant sur des aspects plus techniques voire scientifiques, du domaine de la Robotique du Champ de Bataille.

De ces exposés et des discussions qui les ont accompagnés, il ressort les conclusions principales suivantes :

- La Robotique du Champ de Bataille est en train de devenir un domaine en soi et d'acquérir sa dynamique propre. C'est, cependant, un domaine qui reste encore à structurer et à borner.
- On ne peut pas dissocier complètement les composantes terrestres (véhicules) et aériennes ("drones") de la Robotique du Champ de Bataille. Des synergies sont à développer entre les deux composantes.

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

AC/243-TP/3

A1.4

- Il ne faut pas opposer les systèmes "téléopérés" aux systèmes "autonomes". Il y a, en fait, une infinité de solutions intermédiaires entre ces deux extrêmes.
- Il faut, à l'avenir, progresser dans la démonstration de la validité opérationnelle des concepts de la Robotique du Champ de Bataille. Ceci suppose une implication des opérationnels de plus en plus grande et une approche concrète et pragmatique dans les projets.
- De nombreux progrès restent à mener sur certains aspects techniques fondamentaux qui interviennent dans la Robotique du Champ de Bataille (interface Homme-Robot, perception de l'environnement, communication de données, ...).
- Il est nécessaire de mieux identifier les objectifs, à court, moyen et long terme, de façon à permettre aux différents acteurs de ce domaine (Services Officiels, Laboratoires de Recherche, Industriels) de bâtir leurs propres stratégies de manière cohérente.
- Il est apparu que la Robotique de champ de bataille est un domaine qui se prête bien à rechercher la complémentarité entre les actions menées dans les différents pays et qu'une coopération internationale multiple est souhaitée par beaucoup de participants.

Lors de la séance de clôture du Séminaire, l'Ingénieur Général de l'Armement de SAINT-GERMAIN, Directeur des Recherches (DRET) au Ministère français de la Défense, a pris note des débats menés au cours du Séminaire et de leurs principales conclusions.

Il s'est réjoui des progrès réalisés dans le domaine de la Robotique du Champ de Bataille, de la dynamique qui s'y fait jour et de la volonté de coopération existant entre les différents partenaires de l'OTAN.

Pour renforcer cette coopération, il a suggéré que le GRD de l'OTAN mette en place une structure ad hoc qui initierait et piloterait les actions dans ce domaine. Il a expressément demandé au représentant français de soumettre une proposition en ce sens au GRD.

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

A1.4

A2.1

AC/243-TP/3

OPENING ADDRESS

BY

DR A J GRANT, CHAIRMAN OF THE DEFENCE RESEARCH GROUP

Director, Ladies and Gentlemen.

As Chairman of the Defence Research Group, I am pleased to have the opportunity to address you at the opening of this Seminar on "Robotics in the Air - Land Battlefield". On behalf of the Defence Research Group and all of the participants, I would like to express our sincere thanks to the Ecole Nationale Supérieure des Techniques Avancées (ENSTA) for hosting this Seminar, to M. Brugere and his colleagues for organising the programme and for making the organisational arrangements, and to Professor Jacques Lestel the French DRG member for suggesting that this Seminar be held in France. We all know that the organisation of such a Seminar involves a considerable amount of effort and we thank you very much.

The Defence Research Group or DRG is one of five Main Groups which reports to the Conference of National Armaments Directors, or CNAD. Its purpose is to provide a forum for collaboration in Defence research between the NATO nations, which will lead to collaborative procurement of equipment.

The scope of DRG activities is illustrated by the titles of the ten main Panels and Special Groups of Experts. Under these Panels are approximately 45 Research Study Groups, or RSGs, which bring together professionals who are experts in particular technology areas for exchange of information and collaborative studies, investigations and field trials. These RSGs are usually set up to address a specific problem and have a life of typically 3 to 4 years. The national participation in the RSGs varies between 4 and 11 nations. Participation is important evidence of the value which the NATO nations receive from DRG collaborative activities. Overall, DRG bodies produced some 23 technical reports in the past year alone.

But what about the future? In the past 2 or 3 years we have witnessed astonishing changes in which the traditional threat to NATO appears to be dissolving, and NATO itself is reconsidering its fundamental strategy, based on assumptions of reduced force levels and decreasing Defence budgets. As part of this process the DRG too is examining its strategy for future collaborative research activities which will provide both a high level of military interest, and achieve maximum value for money from national Defence budgets.

DRG sponsored Seminars are an important means of reviewing promising areas for such collaboration. Since its establishment in 1967 the DRG has held 30 Seminars, the current one being the 31st. These have covered a very broad range of important topics including recently the military use

AC/243-TP/3

A2.2

of helicopters, and the defence of ships against missile attack. The subject of our Seminar this week, Robotics, is one in which advanced technology is utilised to provide machines equipped with sensors, mobility and a degree of intelligence in unmanned remotely operated vehicles and equipment which can operate in areas which would be too dangerous for personnel. The growing importance of this subject is reflected in the level of attendance here this week, and in the need to hold parallel sessions. May I wish all the participants here a very successful and productive week.

OVERVIEW AND PROSPECTS

Maurice BRESSON

I. INTRODUCTION

The starting point of this round-up of ideas is the 1985 multinational NATO exercise which took place in Paris on this very same spot.

It reviews the ground covered over the last six years, which corresponds to a medium-term horizon, and includes a few observations on the present situation with remarks and questions about the future.

II. BRIEF REVIEW OF THE 1985 EXERCISE (Plan)

- . Goal of the exercise.
- . Context of the exercise :
 - attempt to define Military robots,
 - operational environment.
- . A few general conclusions.

III REVIEW OF THE GROUND COVERED BETWEEN 1985 AND 1991

Considerable work has been done or undertaken both in the USA and Europe, resulting in major projects planned over long periods and developed in successive stages. This work combines the efforts of many participants, heads of industry, scientists, private and government organizations. For example, we have the French DARDS project with its 4 logically planned and sequenced phases. Most of the lectures given at this colloquy are precisely on these major projects.

IV. A FEW CHARACTERISTICS OF EVOLUTIONARY FACTORS

A distinction must be made between scientific and technical aspects on the one hand and the operational context on the other, at least in the first part of this talk.

4.1. Scientific and Technical Aspects

Comparison between the point of view emerging today and the conclusions of 1985 is most enlightening.

4.1.1. Arguments advanced in favor of the ever growing introduction of military robots, especially battlefield robots, accompanied by a general description of their preferable areas of use, appear today as universally accepted.

4.1.2. There is firm agreement to continue studies of the cost/effectiveness type in order to determine the limits of the useful application of more or less automated systems by Fighting Forces.

4.1.3. Known projects have given priority to robots capable of performing tasks which *a priori* appear as being relatively simple, participating in the execution of mission phases clearly limited in space and time.

4.1.4. It is still considered that fully autonomous robots capable of performing complex missions will not be feasible for several years.

4.1.5. In order to clarify concepts and discussions, distinctions are still made between :

- the automation of terrestrial Fighting Forces, the subject of the present lecture,
- Command Aids (however perfect they may be),
- branches of science dealing solely with information processing in its widest sense, including Artificial Intelligence and symbolic programming. Naturally, all the progress achieved by Information Sciences at a fast if not accelerated rate may be beneficial as much for Command Aids as for the automation of Fighting Forces.

4.1.6. On the other hand, one of the basic conclusion of the 1985 exercise, recommending that the main research and development effort should be applied to the information-processing capabilities of robots as well as to aspects of safety, somewhat overshadows other fundamental aspects such as that of mechanics. Without questioning the *sine qua non* importance of the information-intelligence factor, the mechanical action of a battlefield robot (which must be capable of modifying its own state and that of the environment) thus often constitutes an essential phase in mission execution and can even constitute its finality.

Although mechanics is the oldest and the ancestor of rational sciences, the solving of problems raised by the dynamics of complex systems (structures, mechanisms) and by mechatronics (a combination of mechanics, optronics and

AC/243-TP/3

A3.4

control) in the presence of random aspects and uncertainties, is still today highly complicated. Yet these issues are at the heart of robotics. The quest for their solution has revealed not only practical difficulties, which could be expected, but also theoretical difficulties, the severity of which had not been suspected and which, most happily, are now the subject of major current research.

4.1.7. Another major conclusion of the 1985 report must today be tempered. It was considered, almost as evident, that the presence of a Human Operator in the control loop considerably simplified all problems encountered. From this premise, it was deduced rather hastily that teleoperated systems were in principle much easier to produce and implement than systems of a more autonomous nature. The experience acquired over the last six years has, however, revealed problems of ergonomics, man-machine interfacing, telecommunications, safety and complexity (for example, for teleoperating a group of mobile Robots), the solving of which has appeared fundamentally difficult.

Such that, in the case of many major projects, the advantages and disadvantages of teleoperated or autonomous solutions appear to balance.

Naturally, a distinction must be made between :

. research methods allowing the recognition of difficulties in completing a project, for which the advantage of a Human Operator in the loop turns out to be of great value,

. equipment produced in its final version (capable of real operational use), for which it is necessary to choose between teleoperated or more completely automated versions.

In addition, there is an infinite range of variants between a conventional solution based on Human Operators (without Robotics) and a completely autonomous solution, passing through more or less sophisticated degrees of teleoperation. In all cases, mixed man-machine systems are essential before and sometimes after (in the case of repeatable missions) the action of any "autonomous" system.

4.1.8. Summarizing, there would appear to be no discontinuities, breaks or revolutionary changes concerning scientific and technical aspects. Development has continued at a more or less fast rate in accordance with methods which on the whole were foreseeable, while applying any necessary corrections or additions resulting from experience acquired, as illustrated by the two examples considered above.

On the other hand, this is not at all the case for the operational context.

4.2. Operational Environment

The 1985 exercise related essentially to major conflict in the central European theater between NATO forces and Warsaw Pact forces (operations in Northern and Southern theaters merely being mentioned) on the assumption of a conventional hostilities likely to develop more or less quickly into total war.

AC/243-TP/3

A3.6

Since 1989, there is an obvious discontinuity on the strategic checkerboard, of which the present Gulf War is one of the aspects and whose consequences are largely uncertain, even on a medium-term basis.

Will this fracture, producing changes which could become chaotic in relationship with our forecasting systems, have significant influence on the development of Battlefield Robotics ?

In the affirmative, will this result in the accelerated introduction of Robotic Systems by Fighting Forces, or on the contrary, in a slowdown due for example to Research and Development credit cutbacks or an attitude of wait-and-see by military authorities ?

Are the choices made a few years ago and the priorities given to certain orientations of a sufficiently "all-purpose" nature to remain unchanged in spite of upheaval of the strategic checkerboard ?

We may be tempted to transfer the responsibility of these issues to the end users, especially High Commands, leaving them the task of defining requirements, that may be simply renewed, which manufacturers would then strive to satisfy. This "linear" procedure would obviously be unproductive and military decision-makers cannot be asked to commit themselves concerning the future without having been given the means for potentially measuring the conditions and consequences of their choices, especially in the case of "advanced" systems for which there are no precedents likely to provide a true-life basis of reflection.

A3.7

AC/243-TP/3

The more fruitful method of approach is interactive or "dialectic", to use a suggestive term with philosophical connotations. A colloquy, like the one we are attending, is one of the places propitious for collaborative work between users and potential manufacturers.

In addition, we should emphasize with satisfaction that several lectures mention or are dedicated to this necessary closed-loop procedure with feedback.

V. THE PROBLEM OF FUTURE MILITARY ROBOTICS

5.1. Interest of Problem Studies

General issues on the operational finality of future aeroterrestrial battlefield robots lead to more systematic interrogation concerning the future of military robotics with the framework of broadened studies to be redefined.

According to the mathematician Hilbert, the author of a famous lecture on the future of math (the 23 problems formulated in 1900) : "As far as the futures of mathematics is concerned, a good problem is worth more than a good solution to a mediocre problem".

To be productive, a debate must not admit any overly imprecise qualitative approaches. It must be placed in a prospective light, clearly invested with rigor and in particular describing as precisely as possible the circumstances and conditions under which Fighting Forces using robotic systems would be engaged.

5.2. Application Areas

The themes of a useful debate would be for example :

- . Types of future conflicts and the characteristics of the associated battlefields.
- . Fundamental operational capabilities to be maintained or achieved by the Fighting Forces engaged.
- . Sharing of tasks and the respective roles of Human Operators (HOs) and Robotic Systems.
- . Missions of Robotic Systems, classification of these missions, specific capabilities of Robotic Systems.
- . Levels of the complexity of Robots, depending on the levels of complexity of the missions envisaged (this dependence not necessarily being a simple relationship, such as of a linear type).
- . Analysis of mission environments, especially with regard to :
 - liaison and telecommunication security,
 - operational dependability, necessary security measures, such as neutralization or self-destruct possibilities,
 - logistics of robotic systems throughout their existence (before, during and after possible missions).

- . Integration of Robotic Systems within Fighting Forces in the course of missions or mission phases (IFF, commandability, etc.).
- . Classification of Military Robots :
 - functions (with regard, for example, to major military operations),
 - characteristics of the action of robots (moving or stationary, degrees of independence, etc.),
 - organic aspects (general concepts, breakdown into essential constituents, organic links, etc.),
 - classification associated with the finality of tasks to be executed.
 - definition of a logical framework and a language for in-depth technical analysis of conceivable or desirable robots (for example, the definition of "machines and mechanisms" constituting robots, divided between information-processing machines, power or working machines, transportation machines, etc.).
- . Diagram of the interactions between scientific, technical and technological activities used by Robotics which is placed at the intersection of these activities.

The concepts and methods of system analysis can be fruitful to sustain the development of a useful debate.

Some of the lectures at this colloquy effectively tackle several of the themes I have just mentioned.

5.3. Attempt to Justify the Necessary Effort

We may question the practical use of effort to be deployed in order to achieve a satisfactory debate on Military Robotics.

AC/243-TP/3

A3.10

There is no theoretical demonstration of its interest. In place of this, we must be satisfied with quoting historical examples for which the manner of stating problems correctly has produced remarkable results, often considered as prophetic thereafter.

Any truly new Weapon System simultaneously inspires interest and skepticism, enthusiasm, discussion and often boredom or discouragement. Among these currents, the decision-maker generally has much difficulty in identifying optimum paths.

Retrospective analysis, however, shows that prophetic voices have always made themselves heard to announce years ahead the exact influence, often considerable, of either possible or partially adopted innovations on the evolution of military operations at the tactical or strategic level. Mention may be made of fixed front lines in 1900 (with Bloch's book in Russia or the work of Colonel Mayer in France) because of increasing fire power, causing losses of human life unacceptable after a few weeks, the role of air power with the book of Clément Ader, the future of mechanical warfare with the creators of battletanks, Général Estienne in France, Colonels Swinton and Fuller in Great Britain.

Other examples may be found which in each case show that the exact conclusion of the "visionaries" was in reality the result of highly rigorous rational analysis pursued in all its consequences, well contained within a judicious debate. The development of Military Robotics cannot avoid contrasted alternation between hope and disparagement. The setting up of a good discussion possibly may not convince firm adversaries of major robotic effort, but will certainly contribute in confirming the choices of clear-sighted decision makers.

VI. ROBOTICS AS A SCIENCE ?

As necessary as a discussion may be, this approach is only one stage of the conceptual process preceding production effort.

How can we go further and effectively measure well before experimental phases the influence and expected improvements of the operational efficiency of Weapon Systems or Fighting Forces which are subject to increasingly sophisticated robotics ?

There are numerous conceptual tools : evaluation criteria, modeling tools.

The wealthly range of available models is sufficient for studying technical aspects as well as considering the operational capabilities of Battlefield Robots. It is therefore possible to envisage numerous families of Robots which would not necessarily be produced. It is merely necessary to define plausible performance characteristics for a given horizon within the framework of a set of conerent assumptions. This prospective approach combines both realism and imaginative effort. For example, it allows the exploration of "revolutionary" lines likely to transform modes of application and operational concepts at high levels of military organizations while the more natural "direct" line consists essentially in replacing existing systems by systems of higher performance due to robotization without fundamentally altering missions and application concepts.

Any type of modeling, especially if it takes into account audacious solutions, naturally cannot avoid a fundamental difficulty which is that of time. When will systems already envisaged and described, especially those based on advanced technology, be capable of producing decisive improvements, going as far as modifying the characteristics of future battlefields which depend themselves on unknown politico-strategic changes ?

AC/243-TP/3

A3.12

The solution of these difficult issues, which must not be deliberately hidden under a bushel, and without underestimating the solution of very numerous problems now current, requires an approach of a rigorously scientific nature. We are therefore required to ask ourselves a question which in turn depends on a methodological discussion : will Robotics, especially Military Robotics, remain what it appears to be today, a pragmatic semi-empirical set of various actions (scientific, technological, operational) or will it be elevated to the rank of a scientific discipline enjoying true independence which would ensure its unity and increase its power of investigation ?

The elevation of Robotics to the rank of an independent discipline requires the definition of the following elements which are indeed just the basis of its scientific character :

- . methods,
- . general concepts,
- . application areas,
- . devices,
- . questions (in connection with other scientific disciplines),
- . results (acquired knowledge and open problems),
- . schools of thought.

Far from being a kind of formal strait-jacket, elevation to the rank of a scientific discipline would clarify many aspects and directly guide action with a view to answering questions of practical interest, such as :

- . What are the fundamental issues in technical and operational sectors ?

A3.13

AC/243-TP/3

- . What work orientations are to be adopted for future tasks ?
- . What issues should have priority ?
- . What are the families of answers already obtained, those which are desired and plausible for various given horizons ?

Without referring explicitly to a science of Robotics, several lectures at this colloquy illustrate a very real need to base action on an "all-purpose reference system", that is a reference system recognized by all and usable by all for solving a vast range of problems.

These lectures, all of which are the outcome of practical experience, are concerned more particularly with the following points :

- . Difficulty of general and quantifiable evaluation of Robot performance.
- . Implementation of "all-purpose" testbeds.
- . Definition of broadly usable sets of criteria.
- . Difficulty of scientifically executed induction for taking into account new forms of conflict.
- . How to stimulate imagination and creativity in a prospective framework ?
- . General solving of classes of crucial problems such as Human Operator/Robot interaction.
- . Development of a typology for the "major subproblems" of large current projects.
- . Use and possible advantages drawn from System Analyses, especially when it is a question of mastering the collective action of Robots.
- . Systematic consideration not only of random elements but also of an uncertain universe which intervenes at all phases of development and use.

AC/243-TP/3

A3.14

The examples collected in the lectures, all initially of pragmatic inspiration, show that the creation of a true science of Robotics applied to the military sector is not of an artificial or arbitrary nature.

The speed of its establishment and the fruitfulness of its use depend largely on the degree of conviction concerning its interest to users and manufacturers engaged in the same undertaking in which the adventure of the imagination and clearly understood interest are closely integrated.

TOUR D'HORIZON ET PERSPECTIVES

(Overview and prospects)

Maurice BRESSON

I. PRESENTATION

Ce tour d'horizon prend comme point de repère l'exercice OTAN multinational de 1985 ayant eu lieu à Paris, ici-même.

Il survole le chemin parcouru depuis 6 ans, ce qui correspond à un horizon à moyen terme, assorti de quelques observations sur l'état actuel avec des remarques et interrogations sur le futur.

II. BREF RAPPEL DE L'EXERCICE 1985 (Plan)

- . Objectif de l'exercice.
- . Contexte de l'exercice
 - essai de définition des Robots Militaires,
 - environnement opérationnel.
- . Quelques conclusions générales.

III SURVOL DU CHEMIN PARCOURU DE 1985 à 1991

Des travaux importants ont été poursuivis ou entrepris aussi bien aux USA qu'en Europe, s'exprimant par de grands projets planifiés sur une longue période et se développant par étapes. Ils intègrent les efforts de nombreux participants, industriels, scientifiques, organismes privés ou étatiques. A titre d'exemple, le projet Français DARDS avec ses 4 phases planifiées s'enchaînant logiquement. La plupart des exposés présentés à ce colloque concernent précisément ces grands projets.

IV. QUELQUES CARACTERISTIQUES DES FACTEURS D'EVOLUTION

On distingue les aspects scientifiques et techniques d'une part et le contexte opérationnel d'autre part, du moins dans la première phase de l'exposé.

4.1. Aspects scientifiques et techniques

La comparaison du point de vue qui se dégage aujourd'hui avec les conclusions de 1985 est éclairante.

- 4.1.1. Les arguments avancés en faveur de l'introduction de plus en plus poussée des robots militaires, en particulier de ceux du champ de bataille, accompagnés d'une description de principe de leurs domaines préférentiels d'utilisation, paraissent aujourd'hui communément admis.
- 4.1.2. Il y a un accord persistant pour la poursuite d'études du type coût/bénéfice en vue de préciser les limites d'intérêts des domaines d'emploi des systèmes plus ou moins robotisés au sein des Systèmes de Forces.
- 4.1.3. Les projets connus se sont attaqués en priorité à des robots capables d'effectuer des tâches apparaissant à priori comme relativement simples, participant à l'exécution de phases de mission bien délimitées dans l'espace et le temps.
- 4.1.4. On admet encore que des robots pleinement autonomes capables d'accomplir des missions complexes ne seront pas faisables avant plusieurs années.

4.1.5. Afin de clarifier les concepts et discussions on distingue toujours :

- la robotisation des Systèmes de Forces terrestres, objet du présent colloque,
- les aides au Commandement (si perfectionnées soient-elles),
- les branches de la science concernant uniquement le traitement de l'information au sens le plus large, y compris l'Intelligence Artificielle et les programmations symboliques. Bien entendu, tous les progrès réalisés par les Sciences de l'Information suivant un rythme rapide, sinon accéléré, peuvent être bénéfiques, aussi bien pour les aides au Commandement que pour la robotisation des Systèmes de Forces.

4.1.6. En revanche, une des conclusions fondamentales de l'exercice 1985, recommandant que l'effort principal de recherche et développement soit appliqué aux capacités informationnelles des Robots ainsi qu'aux aspects sécurité. occultait quelque peu d'autres aspects fondamentaux comme celui de la mécanique. Sans remettre en cause l'importance sine qua non du facteur information-intelligence, les actions mécaniques d'un Robot du Champ de Bataille (qui doit être capable de modifier son état et celui de l'environnement), constituent donc souvent une phase essentielle de l'exécution de sa mission et peuvent même en être sa finalité.

Bien que la mécanique soit la plus ancienne et la mère des sciences rationnelles, la résolution des problèmes soulevés par la dynamique des systèmes complexes (structures, mécanismes), par la mécatronique (intégration de la mécanique, de l'optronique et de la commande) en présence

AC/243-TP/3

A3.18

d'aléas et d'incertains, reste aujourd'hui très compliquée. Or, ces problèmes sont au cœur de la robotique. La recherche de leur résolution a mis en lumière, non seulement les difficultés pratiques auxquelles on pouvait s'attendre, mais encore des difficultés théoriques dont on ne soupçonnait pas la profondeur et qui font, fort heureusement, l'objet d'importantes recherches en cours.

4.1.7. Une autre conclusion importante du rapport de 1935 doit être aujourd'hui nuancée. On avait admis, presque comme une évidence, que la présence d'un Opérateur Humain dans la "boucle" (de commande) simplifiait considérablement tous les problèmes rencontrés. On pouvait déduire un peu hâtivement de ces prémisses, que les systèmes téléopérés étaient en principe beaucoup plus faciles à réaliser et à mettre en oeuvre que les systèmes plus autonomes. Or, l'expérience acquise au cours des 6 années écoulées a mis en évidence des problèmes d'ergonomie, d'interface hommes-machines, de télécommunications, de sécurité, de complexité (par exemple pour téléopérer un groupe de Robots mobiles), dont la résolution est apparue foncièrement ardue.

De sorte que, dans maints projets importants, les avantages et les inconvénients des solutions téléopérées ou autonomes paraissent s'équilibrer.

Bien entendu, il convient de distinguer entre :

- . Processus de recherche permettant de reconnaître les difficultés de réalisation d'un projet, pour lequel l'intérêt d'un Opérateur Humain dans la boucle peut se révéler extrêmement payante.

- . Matériel réalisé dans sa version définitive (capable d'emploi opérationnel réel), pour lequel il y a lieu de choisir entre les versions téléopérées ou plus complètement robotisées.

En outre, il existe une infinité de nuances entre une solution traditionnelle à base d'opérateurs Humains (sans Robotisation) et une solution complètement autonome, en passant précisément par des degrés de plus en plus poussés de robotisation. Dans tous les cas, des systèmes mixtes Hommes-Machines, sont indispensables en amont, parfois en aval (pour des missions renouvelables), de l'action de tout système "autonome".

4.1.8. En résumé, pour ce qui concerne les aspects scientifiques et techniques, il ne paraît pas y avoir de discontinuité, de rupture ou de révolution. Le développement s'est poursuivi suivant des modalités prévisibles dans leur ensemble, suivant un rythme plus ou moins rapide, en apportant cependant des corrections ou des compléments nécessaires, fruits de l'expérience acquise, comme on l'a montré avec les 2 exemples des paragraphes précédents.

En revanche, il en va tout différemment pour le contexte opérationnel.

4.2. Environnement opérationnel

L'exercice de 1985 se situait essentiellement dans le cadre d'un conflit majeur sur le théâtre Centre Europe entre les forces de l'OTAN et celles du Pacte de Varsovie (les opérations sur les théâtres Nord et Sud étaient seulement évoquées), dans l'hypothèse d'un affrontement classique susceptible de se transformer plus ou moins rapidement en conflit total.

AC/243-TP/3

A3.20

Depuis 1989, il existe une évidente discontinuité sur l'échiquier stratégique, dont l'actuelle guerre du Golfe est un des aspects et dont les conséquences sont largement incertaines, même à moyen terme.

Cette rupture, génératrice d'une évolution susceptible de devenir chaotique au regard de nos systèmes de prévision, peut-elle avoir une influence significative sur l'évolution de la Robotique du Champ de Bataille ?

Dans l'affirmative, s'agit-il d'une accélération sur le rythme d'introduction des Systèmes Robotisés au sein des Systèmes de Forces, ou au contraire d'un ralentissement résultant par exemple d'un coup de frein sur les crédits d'Etudes et Recherches ou d'une attitude d'expectative de la part des autorités militaires ?

Les choix effectués il y a quelques années et les priorités accordées à certains axes d'efforts sont-ils assez "universels" pour rester invariants malgré les bouleversements de l'échiquier stratégique ?

On pourrait être tenté de reporter le poids de ces interrogations sur les seuls utilisateurs, en particulier sur les Etats-Majors, en leur laissant le soin d'exprimer des besoins, éventuellement renouvelés, que les réalisateurs s'efforcerait alors de satisfaire. Cette procédure "linéaire" est évidemment peu féconde, et l'on ne peut demander aux décideurs militaires de s'engager sur l'avenir, sans leur donner les moyens de mesurer de façon potentielle, les conditions et les conséquences de leurs choix, surtout s'il s'agit de systèmes "avancés" pour lesquels il n'existe pas de précédents susceptibles de fournir une base de réflexion en vraie grandeur.

La méthode d'approche féconde est interactive ou "dialectique" si l'on utilise une expression suggestive à connotation philosophique. Un colloque comme celui auquel nous participons est un de ces lieux favorables pour un travail commun entre utilisateurs et réalisateurs potentiels.

Il convient d'ailleurs de souligner avec satisfaction que plusieurs exposés font état ou sont consacrés à cette nécessaire démarche "bouclée avec rétroaction".

V. PROBLEMATIQUE DE LA ROBOTIQUE MILITAIRE POUR LES ANNEES A VENIR

5.1. Intérêt d'une problématique

Les questions générales posées à propos des finalités opérationnelles des robots des champs de bataille aéroterrestres futurs, amènent à s'interroger de façon plus systématique sur l'avenir de la robotique militaire, dans le cadre d'une problématique élargie, à redéfinir.

D'après le mathématicien Hilbert, lui-même auteur d'une célèbre problématique des mathématiques (les fameux 23 problèmes formulés en 1900), "Un important problème bien posé est beaucoup plus fécond qu'un médiocre problème complètement résolu".

Pour être enrichissante, une problématique ne saurait cependant se contenter d'une approche qualitative trop imprécise. Elle devrait se situer dans une vision prospective, empreinte de rigueur, décrivant en particulier avec un maximum de précision, les circonstances et les conditions dans lesquelles se trouveraient engagés des Systèmes de Forces comprenant des systèmes robotisés

5.2. Domaines d'application

Les thèmes d'une problématique sont par exemple :

- Types de conflits futurs et physionomie des champs de bataille associés.
- Capacités opérationnelles fondamentales à préserver ou à atteindre par les Systèmes de Forces engagés.
- Partage des tâches et rôles respectifs des Opérateurs Humains (O.H.) et des Systèmes Robotisés.
- Missions des Systèmes Robotisés, classification de ces missions, capacités spécifiques des Systèmes Robotisés.
- Niveaux de complexité des Robots, en fonction des niveaux de complexité des missions envisagées (ces fonctions ne sont pas nécessairement des relations simples, par exemple de type linéaire).
- Analyse de l'environnement des missions, en particulier pour ce qui concerne :
 - la sécurité des liaisons et télécommunications,
 - la sûreté de fonctionnement, les mesures de sécurité nécessaires, telles que dispositions de neutralisation ou d'auto-destruction,
 - la logistique des systèmes robotisés, tout au long de leur existence (avant, pendant, après les missions possibles).

Intégration des Systèmes Robotisés, au sein des Systèmes de Forces au cours des missions ou phases de missions (I.F.F., commandabilité, etc ..).

- Classification des Robots à usage Militaire :
 - aspects fonctionnels (par exemple dans le cadre des grandes fonctions militaires),
 - caractéristiques de l'action des robots (mobiles ou immobiles, degrés d'autonomie, etc ...),
 - aspects organiques (conceptions générales, décomposition en constituants essentiels, liaisons organiques, etc ...),
 - classification associée à la finalité des tâches à effectuer,
 - définition d'un cadre logique et d'un langage pour une analyse technique approfondie des robots concevables ou souhaitables (par exemple définition des "machines et mécanismes" constituant les robots, classés en machines informationnelles, machines énergétiques, ou de travail, ou de transport, etc...).
- Organigramme des interactions des activités scientifiques, techniques, technologiques, mises à profit par la Robotique qui se situe à leur carrefour.

Les concepts et méthodes de l'analyse de systèmes peuvent être féconds pour soutenir l'élaboration d'une problématique utile.

Quelques exposés du Colloque abordent effectivement plusieurs des thèmes qui viennent d'être énumérés.

5.3. Essai de justification de l'effort nécessaire

On peut s'interroger sur l'utilité pratique de l'effort que l'on devra déployer pour aboutir à une bonne problématique de la Robotique Militaire.

AC/243-TP/3

A3.24

Il n'existe pas de démonstration théorique de son intérêt. A défaut on se contente de citer des exemples historiques dans lesquels la manière de poser les bons problèmes a donné des résultats remarquables, baptisés après coup de prophétiques.

Tout système d'Arme véritablement nouveau, suscite à la fois, intérêt et scepticisme, enthousiasme, polémique et souvent lassitude ou découragement. Dans ces remous, le décideur a généralement beaucoup de peine à discerner les meilleurs chemins.

Cependant, une analyse rétrospective montre que des voix "prophétiques" se sont toujours élevées, pour annoncer des années à l'avance, l'inf' - le exacte souvent considérable, des novations possibles ou partiellement adoptées sur l'évolution des opérations au niveau tactique ou stratégique. Citons, vers 1900 l'immobilisation des fronts (avec l'ouvrage de Bloch en Russie, ou les travaux du Colonel Mayer en France) comme conséquence de l'accroissement de la puissance de feu entraînant des pertes humaines devenant insoutenables au bout de quelques semaines, le rôle de la puissance aérienne avec l'ouvrage de Clément Ader, l'avenir de la guerre mécanique avec les créateurs des chars, le Général Estienne en France, les Colonels Swinton et Fuller en Grande-Bretagne.

On peut multiplier les exemples en montrant dans chaque cas que les conclusions exactes des "vionnaires" étaient en réalité le fruit d'une analyse rationnelle très rigoureuse poursuivie dans toutes ses conséquences, bien cadrée dans une problématique judicieuse. Le développement de la Robotique Militaire n'échappera pas aux alternances contrastées d'espoirs et de dénigrements. L'élaboration d'une bonne problématique, ne réussira peut-être pas à convaincre les adversaires décidés d'un effort important de robotisation, mais elle contribuera certainement à conforter les choix des décideurs clairvoyants.

VI. LA ROBOTIQUE COMME SCIENCE ?

Si nécessaire que soit une problématique, cette approche n'est qu'une étape du processus conceptuel, en amont des efforts de réalisation.

Comment aller plus loin et mesurer effectivement, bien avant les phases expérimentales, l'influence et les gains escomptés d'efficacité opérationnelle de Systèmes d'Armes ou de Systèmes de Forces faisant l'objet d'une robotisation de plus en plus poussée ?

De nombreux outils conceptuels existent : critères d'évaluation, outils de modélisation.

La richesse de l'arsenal des modèles disponibles est suffisante pour étudier aussi bien les aspects techniques que pour aborder les capacités opérationnelles de Robots du Champ de Bataille. On peut alors envisager de nombreuses familles de Robots, qui ne seront pas nécessairement réalisées. Il suffit de fixer des performances plausibles pour un horizon fixé, dans le cadre d'un corps d'hypothèses cohérentes. Cette démarche prospective permet d'intégrer le réalisme et l'effort d'imagination. Elle permet par exemple d'explorer des voies "révolutionnaires" susceptibles de transformer les modes d'emploi et les concepts opérationnels à des niveaux élevés de l'organisation militaire, alors que la voie "directe", la plus naturelle, consiste surtout à substituer à des systèmes existants, des systèmes plus performants grâce à la robotisation, sans changer fondièrement les missions et les concepts d'emploi.

Bien entendu, toute modélisation, surtout si elle prend en compte des solutions audacieuses, ne peut éviter une difficulté fondamentale qui est l'échelle du temps. Quand les systèmes envisagés et décrits, surtout s'ils relèvent de technologies avancées, seront-ils capables d'entraîner des gains décisifs allant jusqu'à modifier la physionomie des champs de bataille futurs, dépendant eux-mêmes d'une évolution politico-stratégique incertaine ?

AC/243-TP/3

A3.26

La résolution de ces problèmes difficiles que l'on ne saurait délibérément laisser dans l'ombre, sans sous-estimer la résolution des innombrables problèmes qui se posent dans l'immédiat, réclame une démarche toute empreinte de rigueur scientifique. On est alors amené à se poser une question, relevant à son tour d'une problématique d'ordre méthodologique : Est-ce que la Robotique, en particulier la Robotique Militaire, restera ce qu'elle paraît être aujourd'hui, un ensemble pragmatique, semi-empirique, de démarches variées (scientifiques, technologiques, opérationnelles) ou bien accèdera-t-elle au rang de discipline scientifique, jouissant d'une véritable autonomie qui lui donnerait son unité et accroîtrait sa puissance d'investigation ?

L'accession de la Robotique au rang de discipline autonome, implique la définition des éléments suivants qui fondent précisément son caractère scientifique :

- . les méthodes,
- . les concepts généraux,
- . les domaines d'application,
- . les objets,
- . les questions (en connexion avec les autres disciplines scientifiques),
- . les bilans (acquis et problèmes ouverts),
- . les écoles de pensée.

Loin d'être une sorte de carcan formel, l'accession au rang de discipline scientifique permettrait de clarifier bien des aspects et de guider très directement des démarches en vue de répondre à des questions d'intérêt pratique, telles que :

- . Quelle sont les questions fondamentales dans les domaines techniques et opérationnels ?

- Quels sont les axes d'efforts à retenir pour les tâches futures ?
- Quelles sont les priorités ?
- Quelles sont les familles de réponses déjà acquises, celles qui sont souhaitées et plausibles pour différents horizons définis ?

Plusieurs exposés du colloque, sans faire explicitement appel à une science Robotique, témoignent du besoin très réel de fonder leur démarche sur "un système de référence universel", c'est-à-dire reconnu par tous et utilisable par tous pour la résolution d'une vaste famille de problèmes.

Ces exposés, qui résultent tous d'une expérience pratique, concernent notamment les points suivants :

- Difficulté d'une évaluation générale et quantifiable des performances des Robots.
- Mise sur pied de bancs de tests "universels".
- Définition de batteries de critère d'un large usage.
- Difficulté d'une induction scientifiquement conduite pour la prise en compte de nouvelles formes de conflit.
- Comment stimuler l'imagination et la créativité dans un cadre prospectif ?
- Résolution générale de classes de problèmes cruciaux comme les interactions Opérateurs-Humains/Robots.
- Elaboration d'une typologie des "sous problèmes majeurs" des grands projets en cours.
- Recours et bénéfices possibles tirés de l'Analyse de Systèmes, en particulier lorsqu'il s'agit de maîtriser les actions collectives des Robots.
- Prise en compte systématique, non seulement d'éléments aléatoires, mais encore d'un univers incertain, qui intervient dans toutes les phases de développement et d'emploi.

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

AC/24.3-TP/3

A3.28

Les exemples recueillis dans les exposés, tous d'inspiration initialement pragmatique, montrent que la création d'une véritable science de la Robotique, appliquée au domaine militaire ne relève pas d'une démarche artificielle ou arbitraire.

La rapidité d'élaboration d'une science de la robotique, sa fécondité d'emploi, dépendent largement du degré de conviction concernant son intérêt, de la part des utilisateurs et des réalisateurs, embarqués dans une même entreprise où s'intègrent étroitement l'aventure de l'esprit et l'intérêt bien compris.

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

A3.28

PRESENTATION BY COLONEL MARESCAUX

(French Army General Staff)

I have been asked to give the operational point of view and I am very happy to do so since my department within the Army General Staff has the job of defining operational requirements and corresponding system concepts.

It was in 1984 that the French Army, which I represent, began considering robotics on the battlefield.

We believed it necessary to begin thinking along these lines because the requirements are not easy to analyse and venturing straight into exploratory developments could be very risky.

Before going any further, I would like to limit the scope of my presentation to ground mobile robotics only.

I will therefore exclude aerial robotics and tele-operation.

Aerial robotics we know proved itself during the Peace in Galilee operation, we are familiar with the relative ease of operation that is possible in the uncomplicated surroundings in which the airborne vehicle moves and the countries represented here are masters of payload technology whether for reconnaissance, electronic warfare or destruction.

I have also eliminated from my considerations the tele-operation of current vehicles because they are already part of our arsenal even though they are still not perfect. This mainly includes the tele-operated mine-clearing machines which were used in the Gulf.

I would like to emphasise one thing :

Any study of operational requirements - as has been clear from the beginning of this seminar - inevitably highlights the fact that the army would like to see the robot do the dangerous and tedious jobs. This seems so obvious as to appear trite; however, this hides the major problem we are having in truly appreciating the potential offered by robotics at operational level. The difficulty we are having in projecting ourselves into the future is far less a failure than a sign of the wealth of operational and technical options that are beginning to emerge.

AC/243-TP/3

A4.2

So, instead of discussing robotic concepts which have been comprehensively covered over the past few days, I prefer to open my presentation on military requirements by examining robotics with specific regard to credibility, probable tactical benefits, and implementation in the forces.

1. CREDIBILITY

The credibility of Battlefield Robotics is based, in my opinion, on three major factors: how well robotics is integrated into the forces, how effective it is, and certain aspects of survivability.

11. Integration into the forces

This point is crucial; as was stated here yesterday, the robot must be accepted by soldiers as an intelligent tool capable of deployment not only on the fringes of engagements or in enemy territory but also in friendly territory whether tele-operated (first generation) or semi-autonomous (second generation).

Imagine, if you will, an anti-tank robot capable of detecting and destroying a tank: few armoured crews would want to see such a machine moving around in their combat unit. This assumes therefore that armed or unarmed robots with a certain number of reflex actions in their reconnaissance or firing functions are capable of identifying their target with certainty; this poses the problem, which has not been resolved but which you are currently considering, of a system of ground identification that is cheap but reliable.

I would also like to raise the problem of the men who will have to operate these systems. Despite recent events, it is unlikely that our armed forces will be expanded. Robots therefore will have to bring overall savings in manpower; I say "overall" because we must not forget maintenance personnel; so an anti-tank robot must not require more personnel than today's conventional anti-tank vehicle.

12. Effectiveness

Robots will also have to be quick and easy to deploy and must be able to keep pace with manoeuvres, particularly those designed to operate with front line units.

Ruggedness will be a component of effectiveness; physical ruggedness but also ruggedness of design. The more intelligence that is packed into armament systems, the more important it becomes for the enemy to try to deceive all the sensors and hence the man at the other end of the tele-operation link. We are developing enough optical and electronic counter measures equipment to know the dangers that such robots run.

The effectiveness of robots on the battlefield also depends on surprise : not the tactical surprise in attacking the enemy where he least expects it, but the technical surprise when the enemy discovers unexpected and effective robot systems on the battlefield.

That is why, at the risk of shocking some among you, it seems to me essential for their success that some types of robot should not be publicised and their development should remain secret. This is difficult to achieve in Western countries particularly with robots produced in large volume, but I am sure that this would contribute greatly to their effectiveness. It would be interesting to examine in detail this aspect of everything that was used in the Gulf.

13. Survivability

Survivability can be achieved in a number of conventional ways,

- camouflage.
- small size.
- discretion.
- armour, etc.

We should also not forget agility. This was mentioned yesterday morning.

Agility includes speed and acceleration. Everyone was surprised during the recent PARIS-DAKAR race by the cruising speeds and top speeds (typically 150 km/h) that vehicles can achieve over difficult terrain. The vehicles may have been specially prepared, but they are still vehicles. It is possible now to envisage robots which of course will look nothing like cars but will be capable of the off-road performance of VATANEN in his Citroen AX but above all will be able to accelerate at rates (10 g) that a man could not endure and would pose real problems for enemy fire control systems.

2. TACTICAL BENEFITS

Having examined what is needed for robotics to succeed on the battlefield, we must now examine the tactical benefits offered by robotics; I will examine two combat situations - offensive and defensive - and one very important function - logistics.

21. Offensive

This is the type of combat we are all familiar with and which was recently demonstrated in Kuwait. On the tactical level, this always involves taking key ground positions, towns and strategic crossing points.

AC/243-TP/3

A4.4

A number of robots spring to mind :

- a mine detection and mine clearance robot: this requirement is not well satisfied at the moment; it would require mini vehicles with special cameras capable of detecting mines by their signatures and tracing the boundaries of mine fields. For the actual clearance of mines, robotisation does not, in the medium term, provide a rapid solution, but for intelligent mines that are less densely seeded because of their cost, a decoy robot going in ahead of operational units could be a great asset in revealing the presence of mines and taking the first hits.
- we could imagine "trench clearing" robots that would be sent to neutralise strong points and the forces manning them: such small robots would be difficult to detect and could be called mobile anti-personnel mines. Such robots capable of getting in amongst rubble and buildings would be an ideal weapon for street fighting.

In an encircling movement, robots could be used for flank operations. They could watch routes and key points and would also be capable of engaging the enemy to prevent him finding out that the flank-guard consists of robots.

22. Defensive

The robot seems ideal for harrassing manoeuvres. It then operates on known territory that is occupied by allied forces. It can take advantage of previously recognised positions and can be programmed to occupy a number of successive positions.

Two types of robot would be very useful in this manoeuvre.

First, the anti-tank robot, would use ambush tactics or would probe enemy positions. In this situation, the problem of discriminating between targets is greatly eased and the soldier's stress factor is reduced so the harrassing tactics could be more effective than with men.

The second would be an intelligence gathering robot - a kind of deep probing reconnaissance unit installed by allied forces and capable of sending back information as it is overtaken by the advancing enemy; it would work in the electromagnetic, visible and infra-red spectrum.

23. Logistics

There is a promising future in logistics for robots since; they have the advantage of already being fairly easy to produce. This mainly involves :

- handlers capable of automatically transferring loads from one place to another,
- maintenance robots capable of automatically testing and replacing electronic or mechanical assemblies in vehicles,
- decontamination robots for use in semi-automatic units for chemical decontamination of equipment.

This list is by no means exhaustive. It does not represent the main focus of the army general staff's effort, but is intended to draw attention to the potential of military ground robotics.

3. IMPLEMENTATION IN THE FORCES

This last point allows me to broach the subject of timetables. Up to now I have carefully avoided distinguishing between autonomous robots and/or tele-operated robots.

But the examples I have given show that besides the long term approach there is a more pragmatic approach using tele-operation and the technological building blocks that are currently available.

Indeed, the first generation robots which will be in service in the forces by the end of this century ought to be tele-operated.

There are two reasons for this :

- we already know about tele-operation,
- we need to gain initial tactical know-how and familiarise ourselves with the use of such weapons while assessing their vulnerabilities on the battlefield. This would certainly lead to a redefinition of operational requirements.

For France, I am thinking of preliminary studies in 1991/1993 and then the production of heavy duty demonstrators for trials in 1994/1995; we could then consider development beginning in 1996.

Development costs of the first robots will be within affordable limits and unit costs will be relatively low if we use commercially available weapons and sensors.

The second generation that would enter service in 2010 - 2015 would benefit from new technical know-how and would have a certain measure of autonomy for clearly specified phases of their mission.

The third generation will emerge at a time I would not hazard to predict and will be almost completely autonomous in every aspect of operation.

AC/243-TP/3

A4.6

CONCLUSION

In conclusion, I would reaffirm that ground mobile robotics has a place on the battlefield. The position it occupies will depend on our ability to introduce it gradually and intelligently into areas where there is a clear operational requirement.

Military robotics is not an end in itself. The battlefield robot is a weapon or a resource used by the soldier to increase his capacity to fight in space and time and to increase his chances of survival in carrying out his job.

All our countries have begun or are going to begin robotics projects. Users must be closely involved in the design stage and we have seen that very few users are present here today.

I would like to end with a wish : that our countries embark on a course of collaboration and cooperation that will prevent duplication of effort and save time and money.

EXPOSE DU COLONEL MARESCAUX

(Etat-Major de l'Armée de terre Française)

On m'a demandé de présenter le point de vue opérationnel ; je le fais très volontiers puisque mon service à l'Etat-major de l'Armée de terre est chargé de définir les besoins opérationnels et les concepts de systèmes correspondants.

C'est en 1984 que l'Armée de terre française que je représente ici s'est lancée dans une réflexion sur la robotique appliquée au champ de bataille.

Il nous a paru nécessaire de mener cette réflexion car le besoin n'est pas facile à analyser et se lancer directement dans un développement exploratoire pouvait se révéler aventureux.

Avant de commencer je voudrais limiter mon domaine d'étude à la seule robotique mobile terrestre.

J'excluerai donc volontairement la robotique aérienne et le télépilotage.

La robotique aérienne, nous savons qu'elle a fait ses preuves lors de l'opération Paix en Galilée, nous connaissons la relative facilité qu'offre le milieu homogène dans lequel se déplace le véhicule aérien et les pays présents ici maîtrisent la technologie des charges utiles qu'elles soient de reconnaissance, de guerre électronique ou de destruction.

J'ai éliminé aussi de notre champ de réflexion le télépilotage d'engins actuels car ils font partie de la réalité de nos équipements même s'ils sont encore perfectibles. Dans cette application se situent principalement les engins de déminage télépilotés ; nous en avons utilisé dans le Golfe.

Je voudrai dire ceci :

Toute étude du besoin opérationnel et on l'a bien vu depuis le début de ce séminaire fait ressortir inévitablement que le combattant aimerait voir le robot accomplir pour lui des tâches dangereuses et pénibles. Ceci semble tellement évident que l'on pourrait le qualifier de trivial ; cela cache en fait une difficulté majeure, celle d'apprécier réellement au niveau opérationnel les apports de la robotique. Cette difficulté que nous avons à nous projeter dans le futur loint d'être un échec est en réalité le signe typique d'une diversité de possibilités opérationnelles et techniques qui sont en germe...

AC/243-TP/3

A4.8

Alors au lieu de vous exposer des concepts de robots et nous en avons vu beaucoup ces jours-ci, je préfère aborder mon exposé du besoin militaire en examinant successivement la robotique sous les trois aspects de sa crédibilité, de son apport probable à la tactique, et de sa mise en service dans les forces.

1. LA CREDIBILITE.

La crédibilité de la robotique sur le champ de bataille repose, à mon avis, sur trois facteurs importants : l'intégration de la robotique au sein des forces, les conditions de son efficacité et certains aspects de sa survivabilité.

11. Intégration au sein des forces.

Ce point est essentiel ; on l'a dit hier ici, il faut que le robot soit accepté par le combattant comme un outil intelligent capable de se mouvoir non seulement dans la frange des contacts ou en zone ennemie mais aussi parmi les amis, qu'il soit téléopéré (1ère génération) ou semi-autonome (2ème génération).

Supposons un instant, un robot anti-char capable de détecter et de détruire un char, peu d'équipages de blindés aimeraient voir ce genre d'engin se déplacer au sein de leur unité. Cela suppose donc que les robots, armés ou non, dotés d'un certain niveau de comportement réflexe dans leur fonction de reconnaissance ou de tir, soient capables d'identifier avec certitude leur objectif ; cela pose le problème non résolu mais sur lequel vous menez des réflexions, à savoir un système d'identification terrestre peu coûteux mais fiable.

Je voudrais évoquer également le problème des hommes qui devront servir ses systèmes. malgré les événements que nous avons vécu, il est peu probable que les effectifs de nos forces armées augmentent. Les robots devront donc engendrer globalement des économies en personnes ; je dis globalement car il faut penser aux personnels de maintenance ; ainsi un robot antichar ne devra pas nécessiter plus de personnels qu'un véhicule classique antichar d'aujourd'hui.

12. Efficacité

Les robots devront également être de mise en oeuvre rapide et simple, compatible avec le rythme de la manœuvre, notamment ceux destinés à opérer avec les unités de premier échelon.

La robustesse sera un gage d'efficacité ; robustesse mécanique mais robustesse aussi au niveau de la conception. Plus l'on met d'intelligence dans un système d'armes plus il devient intéressant pour l'adversaire d'essayer de tromper l'ensemble des capteurs et donc l'homme qui se trouve à l'extrême de la liaison. Nous développons suffisamment d'armes antioptroniques et de contre-mesures électroniques pour être conscients du danger que peuvent courir ces robots.

A4.8

A4.9

AC/243-TP/3

L'efficacité des robots sur le champ de bataille repose également sur le facteur surprise, non pas la surprise tactique qui consiste à attaquer l'ennemi là où il ne s'y attend pas, mais la surprise technique que ressent l'adversaire lorsqu'il découvre sur le champ de bataille l'existence d'engins inconnus et efficaces.

C'est pourquoi, au risque de choquer nombre d'entre vous, il me semble essentiel pour leur succès que certains types de robots ne fassent pas l'objet de publicité et que leur développement reste confidentiel. Ce comportement est difficile à obtenir dans nos pays occidentaux surtout s'il s'agit de robots construits en grand nombre mais je reste persuadé qu'il contribuerait fortement à leur efficacité. A ce sujet il sera intéressant d'examiner en détail tout ce qui a été utilisé dans le Golfe.

13. Survivabilité

Cette qualité peut-être obtenue par plusieurs moyens classiques,

- le camouflage
- le faible volume,
- la discréetion,
- le blindage, etc..

Je pense qu'il ne faut pas oublier non plus l'agilité. On l'a évoquée ici hier matin.

Cette notion comprend à la fois la vitesse et les accélérations. Tout le monde a été surpris lors du dernier PARIS-DAKAR par les vitesses de croisière et de pointe (typiquement 150 km/h) que sont capables d'atteindre sur des sols difficiles des véhicules automobiles, certes préparés spécialement, mais qui restent des voitures. Il est possible aujourd'hui d'envisager la réalisation de robots, qui bien sûr ne ressemblent pas de près ou de loin à des voitures, capables d'approcher les performances en tout terrain de VATANEN sur son véhicule AX Citroën, mais surtout de bénéficier d'accélérations (10 g) insupportables pour l'homme et qui poseraient de redoutables problèmes aux conduites de tir adverses.

2. L'APPORT DE LA ROBOTIQUE A LA TACTIQUE.

Après avoir examiné les conditions du succès de la robotique sur le champ de bataille, il nous faut examiner l'apport de la robotique à la tactique ; j'examinerai deux situations de combat : l'offensive et la défensive ainsi qu'une fonction très importante la logistique.

21. Dans l'offensive

Il s'agit du type de combat que tout le monde connaît et qui vient de se dérouler au Kowiet. Au niveau tactique cela comporte toujours la prise de possession de positions clé du terrain, d'agglomérations, de points de franchissements.

AC/243-TP/3

A4.10

Un certain nombre de robots peuvent être envisagés :

- robot de détection/déminage : voilà un besoin mal satisfait aujourd'hui ; il s'agirait de mini-véhicules dotés de caméras spéciales capables de détecter les mines par leur signature et de tracer le pourtour des champs de mines. Pour la fonction déminage proprement dite la robotisation ne permet pas d'envisager dans le moyen terme des solutions permettant un déminage rapide, mais face aux mines intelligentes dont la densité sera plus faible compte tenu de leur coût, un robot de leurrage chargé de passer devant les formations pourrait s'avérer précieux en révélant la présence des mines et en encaissant les premiers coups.
- on peut envisager des robots "nettoyeurs de tranchées" chargés d'aller neutraliser les points d'appui et les hommes qui les servent ; ces robots de petite taille difficilement repérable pourrait être qualifiés de mines anti-personnels mobiles. Ces robots capables de s'insinuer dans des éboulis, dans des bâtiments seraient l'arme idéale pour le combat de rue.

Dans une offensive avec enveloppement on peut envisager l'utilisation de robots dans un rôle de flanc-garde. Ils seraient chargés de la surveillance des itinéraires et des points clés et ils seraient également capables de prendre à parti l'adversaire pour éviter de laisser déceler que la flanc-garde est composée de robots.

22. Dans la défensive

Le robot semble tout à fait adapté à la manœuvre retardatrice. Cette phase lui permet d'opérer sur un terrain connu et occupé par des forces amies. Il peut profiter de positions reconnues à l'avance et être planifié pour occuper plusieurs positions successives.

Deux types de robot seraient très intéressants dans cette manœuvre.

Le premier a vocation antichar agirait par embuscade ou jalonnement des forces adverses. Dans cette situation le problème de la discrimination des cibles est grandement facilité et le facteur stress du combattant disparaissant on pourrait envisager des freinages plus durs que ce que l'on peut espérer avec des hommes.

Le second serait un robot de renseignement, sorte d'unité de recherche dans la profondeur, mis en place par les forces amies et capable de renseigner en se laissant dépasser ; il travaillerait dans le spectre électromagnétique, visible et IR.

23. Dans la logistique

Il y a un bel avenir pour les robots ; ceux-là présentent l'avantage d'être déjà réalisables sans trop de difficultés. Il s'agit principalement :

A4.11

AC/243-TP/3

- des manipulateurs, capables de transférer automatiquement des charges d'un lieu à un autre,
- de robots de maintenance capables de tester et de remplacer automatiquement des ensembles électroniques ou mécaniques à l'intérieur d'un véhicule,
- de robots de décontamination permettant la création d'unités de décontamination chimique semi-automatique pour les matériels.

Cette liste n'est évidemment pas exhaustive, elle ne représente pas les axes d'effort de l'Etat-Major de l'Armée de Terre, mais elle est destinée à focaliser l'attention sur les capacités de la robotique terrestre militaire.

3. MISE EN SERVICE DANS LES FORCES.

Ce dernier point me permettra d'aborder les calendriers. Jusqu'à présent j'ai évité soigneusement de distinguer entre la robotique autonome et/ou téléopérée.

Mais les exemples que j'ai pu donner montrent qu'à côté d'une approche long terme existe une approche plus pragmatique utilisant la téléopération et les briques technologiques disponibles aujourd'hui.

En effet, il est souhaitable que la première génération de robots qui sera en service dans les forces à la fin de ce siècle soit téléopérée.

Il y a pour cela 2 raisons :

- on sait déjà faire de la téléopération,
- d'autre part il nous faut acquérir un premier savoir-faire tactique et nous familiariser avec l'utilisation de ces armes tout en évaluant leur vulnérabilité sur le champ de bataille. Ceci aboutira certainement à une redéfinition des besoins opérationnels.

Pour la France je pense à des études de prédéfinition en 1991-1993, puis à la réalisation de démonstrateurs robustes avec essais en 1994-1995 ; on pourrait alors envisager le lancement d'un développement à partir de 1996.

Les premiers robots devront avoir des coûts de développement compatibles avec nos ressources et des coûts unitaires relativement faibles si l'on utilise des armes et des senseurs disponibles sur le marché.

La deuxième génération mise en service en 2010-2015 bénéficiera des nouveaux acquis techniques et jouira d'un certain niveau d'autonomie pour des phases bien précises de sa mission.

Quant à la troisième génération, elle arrivera à un horizon que je ne me risquerai pas à prédire, elle disposera d'une autonomie presque complète dans toutes les phases de sa mission.

AC/243-TP/3

A4.12

CONCLUSION.

Au moment de conclure, je voudrais réaffirmer encore une fois que la robotique mobile terrestre a sa place sur le champ de bataille. Elle sera d'autant plus grande, cette place, que nous aurons su mettre la robotique en place progressivement et intelligemment, en l'appliquant aux domaines où elle apparaît comme un besoin opérationnel évident.

Car la robotique militaire n'est pas une fin en soi, le robot du champ de bataille est une arme ou un moyen au service du combattant pour lui permettre d'accroître sa capacité à se battre dans l'espace et dans le temps en lui assurant dans l'accomplissement de ses missions des chances de survie accrues.

Tous nos pays sont lancés ou vont se lancer dans des programmes de robots. Il faut que les opérationnels soient associés très étroitement à la conception et nous avons vu que les opérationnels sont ici peu nombreux.

Alors je voudrais terminer sur un souhait : que l'on trouve entre nos pays les concertations ou les coopérations qui permettront d'éviter les duplications, et par là de gagner du temps et de l'argent.

UNCLASSIFIED / UNLIMITED

A5

CONCLUDING REMARKS BY THE SESSION CHAIARMEN

- User's Concepts, by E. Schwan
- Integration and Architecture, Session 1, by C. Fargeon
- Integration and Architecture, Session 2, by Y. Baudouin
- Man/Machine Interface, Session 1, by D.C. Hodge
- Man/Machine Interface, Session 2, by J. Grodski
- Sensors and Piloting, Session 1, by G. Maurandi
- Sensors and Piloting, Session 2, by D. Bateman

UNCLASSIFIED / UNLIMITED

A5

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

A5.1

AC/243-TP/3

USER'S CONCEPTS

Conclusion

by Erich SCHWAN

Robotics does not only mean emerging technology and new technical approaches but has a great impact on operational concepts.

So permanent close contact between researchers, technicians and the user from an early stage is required to ensure a successful systematic exploitation of this new means.

In the morning session of March 7 "User's Concepts" a lot of different ideas were presented by the different speakers how to get the user interested in Robotics and how to develop and field Robotic systems.

One way to proceed was to get the user involved as early as possible. Another approach was to present the user Robotic capabilities and let him decide whether he wanted to use them.

A third approach was to prove by means of an experimental program that some military functions could be supported by Robotic Technologies.

But basically all approaches had in common the modularity of Robotic systems and also the modular way to introduce Robotics into the military domain.

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

A5.1

INTEGRATION AND ARCHITECTURE SESSION 1

Conclusion

by C. FARGEON

- 1 - Two technology demonstrators were presented by RARDE (UK) MARDI using a tracked vehicle has testbed and ROVA using a van. The MARDI programme has reached the early stages of autonomy while the ROVA Dodge Van has successfully autonomously driven along simple, but unmarked roads at up to 40 km/h.
- 2 - There is a need for dedicated terrains for robotics field testing with AI simulation programme to achieve appropriate real time testing of robots AI capabilities. Some standardized procedures or benchmark methodology is needed to enable comparisons between testbeds.
- 3 - The interest of a systematic approach for a Human Machine Interface for robot control was demonstrated in two programs EROS (Germany) and UGV (US Navy).
- 4 - The fiber optic Grumman TMAP (US) focuses on reducing operator workload to enable one operator to control one mobile robot and monitor a number of stationary robots.

Many programs are concerned with the autonomy of mobility, other functions being left aside waiting for more precise operational needs specifications.

MAN MACHINE INTERFACE SESSION 1

Conclusions

by David C. HODGE

- 1 - There appears to be a strong desire to use teleoperated systems on the battlefield. But an insufficient amount of research has been conducted to optimize the characteristics of the operator-robot interface.
- 2 - There is a need for more testbed platforms, as well as standardized testing conditions.
- 3 - Attention should be given to changes in interface requirements as more autonomy is introduced into robotic systems.
- 4 - National support is needed for increased research on operator-robot interface so operator performance may be enhanced.

AC/243-TP/3

A5.4

SENSORS AND PILOTING 1

Conclusions

by Maj. Gen. G. MAURANDI

The first session on "sensors and concepts for piloting" was planned on four conferences. unfortunately, due to travel problems occurred to the U.S. Delegation, only the following two conferences took place :

- An object-oriented layer-based approach to image understanding in unstructured environments (lecturer Dr. N. PITACCO) ;
- Intelligent perception control system for mobile robot (lecturer Dr. A. KOENIG).

The first conference regarded an approach for unstructured environments of the interpretation in articial vision. The presented model, called "PANTHEON", is a concrete attempt to realize a homogenous model, easily expandable on growing task domains. The approach is characterized by a hierarchical architecture an by a distributed control strategy, which grants a straighforward implementation on parallel hardware. PANTHEON is currently applied in the development of the Artificial Vision Sub-System of an Advanced Mobile Robot (AMR1) within the EUREKA project EU18. At the moment it is able to recognize one or more roads in a noisome environment. The implementation on parallel hardware should allow to exploit the full potentiality of the PANTHEON model.

The second conference, "Intelligent perception control system for mobile robot", started with an introduction explaining the need for a mobile robot to control its perception. The authors have developed an intelligent preception controller based on a blackboard architecture, named "GESPER"

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

A5.5

AC/243-TP/3

(acronym for GEStion de la PERception). The "blackboard" architectures are distributed structures which have the advantages of modularity, flexibility, asynchronism, with a low and a fast communications flow within the modules. GESPER is connected to the navigation module. It reacts dynamically to any unexpected change in the environment or in the robot (operator intervention sensor failure, ect.). The perception actions are sent to the actuators. In conclusion, GESPER is of great interest for all robotic applications. It provides a generic development architecture : new sensors and new data processing can be easily integrated depending on the application.

These few but significant conferences stressed some remarkable improvements in the following fields : scene interpretation, intelligent perception, data fusion and data processing. These improvements allow to move forward the most demanding goal of Robotics : a completely autonomous mobile robot, able to intelligently interact with all the environments.

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

A5.5

INTEGRATION ARCHITECTURE 2

Conclusion

by Lt. Col. Y. BAUDOUIN

A - TWO APPROACHES

- 1) Mechanical design of the robot (architecture, running gear, structure) based on in-depth analysis of the basic missions (actions) that robotised systems can be asked to perform.
- 2) Construction of a "first generation" mobile robot (rudimentary mobile platform) as a basis for developing the command, control, DP and other related functions.

These two approaches will converge operationally towards the end of the century.

B - It would seem that we are witnessing more intensive use of highly connected networks (neutral networks) for the intelligent control of robots based on camera reconnaissance. At this stage, image reconnaissance is crucial to mobility, but even though everyone is talking about hostile environments, most environments, such as roads, are part of the peacetime infrastructure.

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

A5.7

AC/243-TP/3

MAN MACHINE INTERFACE - SESSION 2

Conclusion

by J. GRODSKI

Man Machine Interface - Session 2 - contained diverse reports on teleoperated existing systems and systems currently under development in North America and Europe. practical features and aspects of the systems constituted the common thread in the presentations.

Various levels and capabilities of man robot interface were discussed and once again the significance of the operator in the man robot system was demonstrated.

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

A5.7

AC/243-TP/3

A5.8

SENSORS AND PILOTING 2

Conclusion

by Dr BATEMAN

This was the second session concerned with the techniques necessary for successful navigation of unmanned vehicles both for full autonomy and as aids for teleoperated driving.

M. Bartha (Dornier) and J.P. Cariou (ONERA) both described advances in scanning laser systems for sensing the environment in 3D. Real time operation in a size and weight compatible with vehicle integration was demonstrated. It remains to be seen if the data from such systems can now be processed to provide useful navigation information for autonomous navigation in a realistic terrain environment.

Passive sensing by TV imagery again presents a formidable real time processing problem. C.P. Blackman (RARDE) described a neural network approach to image segmentation which attempts to solve this problem but which now places the onus on effective training of the networks. Optical flow and colour analysis were illustrated as means of obtaining obstacle detection and shadow rejection respectively, two problems which up till now have been fundamentally difficult for passive sensing alone.

The paper by J. Sharman (STC) was the only paper at the symposium specifically devoted to the all important subject of RF communications which is fundamental to the widespread application of unmanned vehicles. Discussion centres on the limitations to non line of sight operation which arise from the choice of a high carrier frequency necessary to support video transmission. The alternative of low bandwidth image transmission at VHF frequencies is fatiguing for the teleoperator, and a degree of autonomy is necessary to combat the occurrence of fading. Advantages of digital transmission and the application of spread spectrum techniques for achieving covert commands from the human controller were stressed.

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

A5.9

AC/243-TP/3

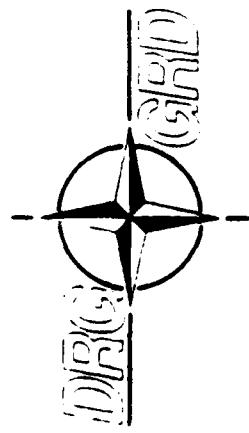
Stabilisation of imaging sensors will be necessary for cross country operation and D. Butler (CDC) illustrated an alternative to conventional inertial stabilisation by using electronic image stabilisation. This relies on tracking high contrast features in the scene from frame to frame. Whether such features will be available in sufficient strength in the general battlefield scene must remain in doubt.

The session addressed a number of important and promising techniques which are now emerging from the laboratory. Field testing is now required to prove whether they can cope effectively with unstructured environment of the simulated battlefield.

U N C L A S S I F I E D / U N L I M I T E D

A5.9

- A -



ORGANISATION DU TRAITÉ
DE L'ATLANTIQUE NORD

|||| SEMINAIRE G.R.D.
D.R.G. SEMINAR
ROBOTIQUE
PARIS 6-8 MARS 1991

LISTE DES PARTICIPANTS

A⁶

<p>PRACHEROY Marc Nationalité belge Maj. Res.</p> <p>ECOLE ROYALE MILITAIRE - Chaine d'Electricité 30, avenue de la Renaissance , 1040 Bruxelles BELGIQUE Tél. : (32-2) 735 51 52 - Es 2360 - Fax : (32-2) 735 24 21</p>	<p>R</p>	<p>AUGIER de CREMIERS Michel Nationalité française</p> <p>SAGEM - Le Ponant 27 rue Leblanc, 75512 Paris Cedex 15 FRANCE</p>	<p>R</p>	<p>S</p>
<p>ALBOUY G</p> <p>DRET 00460 ARMÉES FRANCE</p>		<p>IPA AVRIN Jérôme Nationalité française</p> <p>Adjoint chef de groupe "Informatique - Automatique"</p> <p>DRET-ETCA 00460 ARMÉES FRANCE Tél : (33-1) 45 52 46 66</p>		
<p>ALVES-VIEIRA, Antonio Nationalité portugaise</p> <p>Member of G.C.PAGARD</p> <p>POLITECH.NICO DE SETUBAL Escola Superior de Technologia, 2990 Sétúbal PORTUGAL Tél. : (351-65) 761621 - Fax : (351-65) 721869</p>	<p>R</p>	<p>ICA BOHEC Alain Nationalité française</p> <p>ETCA/CREA 16 bis av. Prieur de la Côte d'or, 94114 Arcueil Cedex FRANCE Tel. (33-1) 42 31 96 20 - Fax. (33-1) 42 31 99 55</p>	<p>S</p>	
<p>ATKINSON Brian Nationalité britannique</p> <p>Head of Space Dept.</p> <p>ROYAL AEROSPACE ESTABLISHMENT Farnborough, Hampshire ENGLAND Tél. (44 252) 2446/3157</p>		<p>CHARLES</p>		

<p>Dr BARGEL Bernhard Nationalité allemande</p> <p>FORSCHUNGSGENSTITUT FÜR INFORMATIONSVERARBEITUNG UND MUSTERERKENNUNG Eisenstockstr. 12, 7605 Ettlingen GERMANY Tel: (49 - 72) 43/99215 - Fax: (49 - 72) 43/99229</p>	<p>R</p> <p>S</p>	<p>BARTHOLET Stephen Nationalité américaine</p> <p>Senior Staff Engineer</p> <p>ODETICS 1515 South Manchester Avenue, - Anaheim, 92802 California U.S.A. Tel: (1 - 714) 758-0300 - Fax: (1 - 714) 491-9885</p>	<p>R</p> <p>S</p>
		<p>BATEMAN Peter Nationalité britannique</p> <p>Assistant Director</p>	<p>R</p>
		<p>RARDE Chobham Lane, KT16 0EE Chertsey, Surrey, ENGLAND Tel: (44 - 344) 23366 EXT. 2430 - Fax: (44 - 344) 2441</p>	
		<p>Col.(e.r.) BATON Robert Nationalité française</p> <p>GIAT INDUSTRIES 13, route de la Minière, 78034 Versailles Cedex FRANCE Tel: (33 - 1) 39 49 30 00 - Fax: (33 - 1) 39 49 33 46</p>	<p>R</p> <p>S</p>
		<p>BARROUIL Claude Nationalité française</p> <p>Ingénieur</p> <p>ONERA - CERT 2, avenue Etienne Belin - BP 4025, 31055 Toulouse Cedex FRANCE Tel: (33 - 1) 61 55 71 89 - Fax: (33 - 1) 61 55 71 72</p>	
		<p>BARTHA Manfred Nationalité allemande</p> <p>DORNIER COMPANY DORNIER: GD5H PO BOX 1420 - D7990 Friedrichshafen GERMANY Tel: (49 - 71) 45-82956 - Fax: (49 - 75) 45-84411</p>	<p>R</p> <p>S</p>
		<p>Ltc. BAUDOIN Yvan Nationalité belge</p> <p>Professeur</p> <p>ACADEMIE ROYALE MILITAIRE 30, Avenue de la Renaissance, BP 1040 - Bruxelles BELGIQUE Tel: (32 - 2) 735 5152 - Fax: (32 - 2) 735 2421</p>	

Dr BAURIEDL Wolfgang
Nationalité allemande

Chef de section

DER WEHRTECHNISCHE STUDIENBEAUFTRAGTE D. BW
Norbert-Wiener Str.23, 8012 Ottobrunn
GERMANY
Tel : (49 - 89) 6088 2809 - Fax : (49 - 89) 6088 3618

R

Col. BISMARCK Augusto
Nationalité portugaise

GEP/EME
Rua Jardim do Tabaco 23 2^o Dto, 1100 - Lisboa
PORTUGAL
Tel : (351.1) 862776 - Fax : (351.1) 862776

BERGIER Pierre Louis
Nationalité française

Dr BLACKMAN Clinton Paul
Nationalité britannique

CAP SESA DEFENSE
30, quai de Dion Bouton, 92806 Puteaux Cedex
FRANCE

RARDE
Chobman Lane, KT160EE Surrey
ENGLAND
Tel : (44-344) 23366 - Fax : (44-344) 24470

BLANC Anne-Marie
Nationalité française

CEDOCAR
26, Bld Victor, 00460 Armées
FRANCE
Tel : (33-1) 45.52.43.21 poste 84-34 - Fax : (33-1) 45.52.45.74

BLOK Huibrecht
Nationalité hollandaise

Chef de Groupe

PHYSICS AND ELECTRONICS LABORATORY
Oude Waalsdorperweg 63 - B.P. 96864 The Hague 25 09 JG
PAYS-BAS
Tel : (31-70) 32 64 221 - Fax : (31-70) 3280961

R S

BOHEC

ICA BOUILLET Bernard
Nationalité française

DEG
14, rue Saint-Dominique, 00450 Armées
FRANCE
Tél : (33-1) 40.65.37.79 - Fax : (33-1) 40.65.40.02

BOSSE Klaus
Nationalité allemande

DEFENCE SUPPORT DIVISION, NATO HEADQUARTERS,
1110 Bruxelles
BELGIQUE
Tél : (32-2) 728.43.34 - Fax : (32-2) 728.41.03

BOWLES Ray
Nationalité américaine
Senior Program Manager

NKF ENGINEERING INC.
4200 Wilson Blvd, suite 900 - 22203 - 1800 Arlington, Virginia
U.S.A.
Tél : (1 - 703) 358-8668 - Fax : (1 - 703) 358-8795

BOWMAN Alan
Nationalité britannique
Research Manager

ROKE MANOR RESEARCH
Romsey Hampshire SO51 0ZN
ENGLAND
Tél : (44 - 794) 833334 - Fax : (44 - 794) 8333433

BOUCARD Jean
Nationalité française

THOMSON BRANDT ARMEMENTS
45240 - La Ferté Saint Aubin
FRANCE
Tél : (33) 38 51 64 55 - Fax : (33) 38 51 63 23

Capitaine BRANNAM
ENGLAND

BRATLIE Paul Eldar Nationalité norvégienne	R	S	BREWER John Nationalité britannique Directeur de la Recherche VICKERS CROSSGATES LEEDS L513 88T ENGLAND Tel : (44) 532 64 81 23
Col. (e.r.) BRESSON Maurice Nationalité française Président d'Honneur du Séminaire	R	S	BRUGERE Didier Nationalité française DASSAULT ELECTRONIQUE 55, quai Marcel Dassault, 92214 Saint- Cloud FRANCE Tel : (33-1) 49.11.88.89 - Fax : (33-1) 46.02.57.58
BRIAND Alain Nationalité française CEA L'UNITE DE ROBOTIQUE B.P. 6, 92265 Fontenay-aux-Roses FRANCE Tel : (33 - 1) 46.54.76.31 - Fax : (33 - 1) 42.53.89.48	R	S	BRUNEAU Xavier Nationalité française BERTIN et CIE B.P. 3 Allée Gabriel Voisin - 78373 Plaisir FRANCE Tel : (33 - 1) 34.81.88.69 - Fax : (33 - 1) 30.54.04.14
BROCK-NANNESTAD Lars Nationalité danoise Chef du Département de Physique DANISH DEF. RES. ESTABLISHMENT Ved Idretparken 4, B.P. 2715, 2100 Copenhagen DENMARK Tel : (45 - 39) 3927.2233 - Fax : (45 - 39) 3543.1086	R	S	Cdt. BUTLER Dan Nationalité américaine CONTROL DATA 171, avenue Charles de Gaulle, 92200 Neuilly sur Seine FRANCE Tel : (33-1) 47.38.16.05 - Fax : (33-1) 47.38.17.83

B₅C₂

- 7 -

<p>COL. BUTT James S. Nationalité américaine Military Assistant</p> <p>OFFICE OF SECRETARY OF DEFENSE - OUSD(A) DDRE/R/AT The Pentagon, Room 3E114- Washington D.C. 20301 - 3080 U.S.A. Tél : (1 - 703) 695.5036 - Fax : (1 - 703) 693.5529</p>	<p>R</p>	
<p>CAILLAS Thierry Nationalité française</p> <p>ETCA/CREA 16bis, avenue Prieur de la Côte d'Or, 94114 Arcueil Cedex FRANCE Tél : (33 - 1) 42.31.97.21 - Fax : (33 - 1) 41.31.99.55</p>	<p>R</p>	
<p>IGA CALENGE Gérard Nationalité française</p> <p>Directeur Adjoint</p> <p>DRET 26, Bld Victor, 00460 Armées FRANCE Tél : (33 - 1) 45.52.46.10 - Fax : (33 - 1) 45.52.46.81</p>	<p>R</p>	
<p>CALIGIANI Giancarlo Nationalité italienne</p> <p>Robotic System leader</p> <p>OTO MELARA Via Valdilochi 15 - 19100 La Spezia ITALIE Tél : (39.187) 530.843 - Fax : (39.187) 530.669</p>	<p>R</p>	
<p>CARIOU Jean-Pierre Nationalité française Chef de Groupe</p> <p>ONERA 8, rue des Vertugadins, 92190 Meudon FRANCE Tél : (33 - 1) 45.34.75.01 - Fax : (33 - 1) 45.34.93.89</p>	<p>R</p>	<p>S</p>
<p>Cdt. CASADO Juan Nationalité espagnole Research coordinator</p> <p>MOD SPAIN Arturo Soria 289, 28033 Madrid ESPAGNE Tél : (34 - 1) 302.06.40 - Fax : (34 - 1) 302.80.47</p>	<p>R</p>	<p>S</p>
<p>IPA CASSARD Philippe Nationalité française</p> <p>E.N.S.T.A. LABO OPTIQUE APPLIQUÉE 32, Bld Victor, 75015 Paris FRANCE Tél : (33 - 1) 45.52.44.03 - Fax : (33 - 1) 45.52.55.87</p>	<p>R</p>	<p>S</p>
<p>CERVERA Jean-Claude Nationalité française</p> <p>DRET/DS/SR 26, Bld Victor, 00460 Armées FRANCE Tél : (33 - 1) 45.52.56.80 - Fax : (33 - 1) 45.52.46.81</p>	<p>R</p>	<p>S</p>

CHABASSIER Geneviève
Nationalité française

Ingénieur

LASERDOT
Route de Nozay, 91460 - Marcoussis
FRANCE
Tél : (33 - 1) 64.49.14.40 - Fax : (33 - 1) 69.80.62.83

CHESNAY Robert
Nationalité canadienne

Government of Canada
D.R.E.
Suffield, T1A 8K6, Medecine Hat, P.O 4000, Alberta
CANADA
Tél : (1 - 403) 544.4764 - Fax : (1 - 403) 544.33889

CHRISTY Jean-Paul
Nationalité française

DRET
26 Bd Victor Paris 00460 Armées
FRANCE
Tel. (33.1) 45.52.46.68 - Fax. (33-1) 45.52.65.20

CONTI Paolo
Nationalité italienne
R & D Manager
ALENIA
Caselle Torinese, 10072 Torino
ITALIE
Tél : (39-11) 9967726 - Fax : (39-11) 9963357

CHAUVOT DE BEAUCHÈNE

Ingénieur

DRET
26 bd Victor
Paris 00460 Armées
FRANCE
tel : (33.1) 45.52.60.57 - fax : (33.1) 45.52.49.86

ICA CRESTIN J.P.

STCAN
8 bd Victor
Paris 00303 Armées
FRANCE
tel : (33-1) 40.59.10.63 - Fax : (33.1) 45.54.06.89

CALHOUN

SHAPE Technical Center
P.O. Box 174
2501 CD THE HAGUE
PAYS-BAS
tel : (31.70) 314.2100 - Fax : (31.70) 314.2111

CULLUM John
Nationalité américaine
Mechanical engineer
Director Technology Assessment Center
US ARMY LABORATORY COMMAND
Aberdeen Proving Ground, 21005-5066 Adelphi, Maryland
USA
Tél : (1 - 301) 278.6567 - Fax : (1 - 301) 278.7982

<p>Pr DAGLESS Erick Nationalité britannique</p> <p>UNIVERSITY OF BRISTOL DEPARTEMENT OF BLECRAWL ENF-UNIVERSITY WALK-BRISTOL B58 1TR</p> <p>Tél : (44-272) 303 260</p>	<p>Dr DANNEMANN Heiko Nationalité allemande</p> <p>R</p> <p>INDUSTRIE ANLAGEN BETRIEBSGESELLSCHAFT MBH Einsteinstr. 20, 8012 Ottobrunn, Bavaria GERMANY Tél : (49-89) 6088-3271 - Fax : (49-89) 6088-2417</p>	<p>DESVIGNES Jean-Pierre Nationalité française</p> <p>Ingénieur</p> <p>DASSAULT ELECTRONIQUE 55, Quai Marcel Dassault, 92140 Saint-Cloud FRANCE Tél : (33.1.) 41 11 14 91</p>	<p>Col. DE WITTE Valère Nationalité belge</p> <p>Rx2</p> <p>S</p> <p>Colonel</p> <p>GENERAL STAFF - JSM R&D, Quartier Reine Elisabeth, Rue d'Evere, 1140 Bruxelles, BELGIQUE Tél : (32-2) 2433 613 - Fax : (32-2) 243 6620</p>	<p>DAVIS John A Nationalité américaine</p> <p>General manager</p> <p>EASTPORT INTERNATIONAL INC. 501 Prince Georges V Blvd, Upper Marlboro, 20772 Maryland U.S.A. Tél : (1-301) 647-1728 - Fax : (1-301) 249-4022</p> <p>IGA DELGENDRE Jacques Nationalité française</p> <p>Charge de mission prospective Armentés</p> <p>STCAN 8, Bd Victor, 00303 Armées FRANCE Tél : (33-1) 40 59 13 63 - Fax : (33-1) 45 54 06 89</p>
---	--	--	---	---

D-E

- A.D -

		<p>Lt. Col. ELLERT Jochen Nationalité allemande</p> <p>Project Officer Division Recherche Opérationnelle-Militaire-Groupe d'armées terrestre FEDERAL ARMED FORCES OFFICE FOR STUDIES AND EXERCISES Einsteinstrasse 20 D. 8012 Ottobrunn, Bavaria GERMANY Tel : (49-89) 6088-2111 - Fax : (49-89) 6088 - 3618</p>	R	S
		<p>DOUSSET Laurent Nationalité française</p> <p>Ingénieur</p> <p>AERO 3, avenue de l'Opéra, 75001 Paris FRANCE Tel. (33-1) 42 60 30 26 - Fax. (33-1) 40 15 95 54</p>	R	S
		<p>DUPLAN François-Luc Nationalité française</p> <p>DAT/MOB/SBC 10, place Georges Clémenceau, 92211 Saint-Cloud FRANCE Tel : (33-1) 47.71.41.14 - Fax : (33-1) 46.02.92.26</p>	R	S
		<p>ESNAULT Patrick Nationalité française</p> <p>Ingénieur</p> <p>DASSAULT ELECTRONIQUE, 55, quai Marcel Dassault, 92214 Saint-Cloud FRANCE Tel : (33-1) 34.81.45.88 - Fax : (33-1) 34.81.46.29</p>	R	S
		<p>ESPECEL Annick Nationalité française</p> <p>Assistante du Prof. Lestel</p> <p>DRET 26, Bld Victor, 00460 Armées FRANCE Tel : (33-1) 45.52.56.14 - Fax : (33-1) 45.52.46.81</p>	R	S

- 11 -

F
6

<p>R. Dir FALLER Ernst Nationalité allemande</p> <p>RWB P.O. 7360, 5400 Koblenz GERMANY Tel : (49-261) 400-7020 - Fax : (49-261) 400-7630</p>	<p>R</p> <p>S</p>	<p>FEIGNA Jean-Pierre Nationalité française</p> <p>Ingénieur Etudes Prospectives / GIAT Industries</p> <p>GIAT Industries - Centre de Bourges 7 route de Guerry - 18005 Bourges Cedex FRANCE Tel : (33) 48.21.93.10 - Fax : (33) 48.21.91.42</p>
<p>Dr FALLIN Herbert K Nationalité américaine</p> <p>Scientific advisor to SACEUR</p>		<p>Capt. Vais. FEVRIE Philippe Nationalité française</p> <p>Direction Générale - Ingénieur en chef chargé de mission</p>
<p>SUPREME HEADQUARTERS ALLIED POWERS EUROPE (SHAPE) OSCADC Command Group, 7010 Shape BELGIQUE Tel : (32-65) 44.53.12 - Fax : (32-65) 36.28.35</p>		<p>CAP SESEA Défense 30, Quai de Dion Bouton, 92806 Puteaux Cedex FRANCE Tel : (33 - 1) 49.00.40.00 - Fax : (33 - 1) 49.00.44.40</p>
<p>Pr. FAROOQ Mohamad Nationalité canadienne</p> <p>ROYAL MILITARY COLLEGE OF CANADA Dept. Elec & Compt. Eng RMC Kingston, Ontario K7K 5L0 CANADA Tel : (1-613) 541-6366 - Fax : (1-613) 547-3053</p>	<p>R</p> <p>S</p>	
		<p>Dr FARGEON Catherine Nationalité française</p> <p>Chef de division automatique et robotique</p>
		<p>DRET 26 Bld Victor, 00460 Armées FRANCE Tel : (33-1) 45.52.46.92 - Fax : (33-1) 45.52.65.20</p>

FRAPPIER Gérard
Nationalité française

SAGEM - Le Ponant
27, rue Leblanc, 75512 Paris Cedex 15
FRANCE

GAFFARD Jean-Paul
Nationalité française

LASERDOT Groupe Aérospatiale
Route de Nozay 91460 Marcoussis
FRANCE
Tél : (33 - 1) 69.01.21.05 - Fax : (33 - 1) 69.80.62.83

GARDNER Keith
Nationalité américaine

Head, Défense Res. Sect.

NATO Headquarters, B-1110 Bruxelles
BELGIQUE
Tél : (32.2) 728 4420 - Fax : (32.2) 723.4103

GARHØJ Per
Nationalité danoise

Scientifique

DANISH DEFENCE RESEARCH ESTABL.,
Ved Idroetsparken 4, 2100 Copenhagen
DANEMARK
Tél : (45-39) 27 22 33 - Fax : (45-35) 43 10 86

GARIBOTTO Giovanni
Nationalité italienne

Directeur de la Recherche

ELSAG S.p.A. Research Lab
Via Puccini 2, 16154 Genova
ITALIE
Tél : (39-10) 6001720 - Fax : (39-10) 6001611

GAMBETTA Jean-Paul
Nationalité française

SEFT
18, rue du Docteur Zamenhoff, 92131 Issy Les Moulineaux Cedex
FRANCE
Tél : (33 - 1) 40.95.30.83 - Fax : (33 - 1) 40.95.31.01

R

S

R

S

<p>GAULTIER Daniel Nationalité française</p> <p>SAGEM Le Ponant 27, rue Leblanc, 75512 Paris Cedex 15 FRANCE</p>	<p>Col. GIULIANI Pietro Nationalité italienne</p> <p>Chief R & D Office</p> <p>SEGRDEFESA - IV REP. PF-RS Via 20 Settembre 123/A - 00100 Roma ITALIE Tél : (39-6) 4820273 - Fax : (39-6) 4814264</p>	<p>R</p> <p>S</p>
<p>GAYRAUD Pierre Nationalité française</p> <p>Chef de département</p> <p>SEXTANT AVIONIQUE BP 59 78141 Vélizy-Villacoublay FRANCE Tel. (33-1) 46 29 73 60 - Fax. (33-1) 46 30 59 66</p>	<p>GJØNNES Grim Steinar Nationalité norvégienne</p> <p>Scientist</p> <p>NORWEGIAN DEFENCE RESEARCH ESTABLISHMENT PO Box 115, 3191 Høklen, NORWAY Tél : (47-33) 42081 - Fax : (47-33) 47834</p>	<p>R</p> <p>S</p>
<p>Lt. Col. GERONIMO Nicolas Nationalité italienne</p>		<p>R</p> <p>S</p>
	<p>SEGRDEFESA - IV REPARTO PF-RS Via 20 Settembre 123/A - 00100 Roma ITALIE Tél : (39-6) 47353339 - Fax : (39-6) 4814264</p>	<p>GONTAREK Stanley E Nationalité américaine</p> <p>Deputy Director</p> <p>DEFENSE RESEARCH & ENGINEERING Washington D.C. USA</p>

G₆

- 14 -

<p>GORZERINO Paul Nationalité française Médecin Principal</p> <p>SERVICE FACTEURS HUMAINS DAT Etablissement Technique d'Angers - 49041 Angers Cedex FRANCE Tel : (33) 41.93.67.44 - Fax : (33) 41.93.67.04</p>	R	
<p>GRANDA Thomas Nationalité américaine Senior Research scientist</p> <p>CARLOW ASSOCIATES INC. 8315 Lee Highway, Suite 410 - 22031 Virginia U.S.A. Tel : (1 - 703) 698-6225 - Fax : (1 - 703) 698-6299</p>	R	
<p>GOULAR Didier Nationalité française</p> <p>ONERA 8, rue des Vertugadins - 92100 Meudon FRANCE Tel. (33.1) 45.34.75.01</p>	R	S
<p>GOURSAUD Jacqueline Nationalité française Analyste</p> <p>CEDOCAR 26, Bld Victor, 00460 Armées FRANCE Tel : (33-1) 45.52.45.49 - Fax : (33-1) 45.52.45.74</p>		
<p>GRAEFE Volker Nationalité allemande Professeur</p> <p>Uni BW M, LRT/6 8014 Neubiberg GERMANY Tel : (49-89) 6004-3590 - Fax : (49-89) 601-9137</p>	R	S

G-H

- 15 -

GRUBER Gerhard Nationalité allemande Executive (PEP)	R	
AGARD/OTAN 7, rue Ancelle - 92200 Neuilly sur Seine FRANCE Tel. (33-1) 47.38.57.58 - Fax : (33-1) 47.38.57.99		
Cap. GUENIN Dominique Nationalité française		
DRET/SDCE 4, avenue de la Porte d'Issy - 75015 Paris FRANCE Tel : (33-1) 45.52.46.48		
GÜNTELBERG X. M. Nationalité danoise	R	S
DANISH DEFENCE RESEARCH ESTABLISHMENT (DDRE) Ved Idrætsparken 4, BP 2715, 2100 Copenhagen DENMARK Tel : (45-39) 39 27 22 33 - Fax : (45-39) 35 43 10 86		
HAGEN Per Espen Nationalité norvégienne Scientifique	R	S
Norwegian Defence Research Establishment BO BOX 25 N-2007 Kjeller NORVEGE Tel : (47-6) 80755.16 - Fax : (47-6) 8075.09		
HEINZEMANN Michael Nationalité allemande	R	
THYSSEN INDUSTRIE AG HENSCHEL, B.P. 102969, 3500 Kassel GERMANY Tel : (49-561) 801-6331 - Fax : (49-561) 801-6966		

HEMBISE Dominique Nationalité française Ingénieur MATRA DÉFENSE 37, avenue L. Breguet, BP 1, 78140 Vélizy FRANCE Tél : (33-1) 34.88.43.25 - Fax : (33-1) 34.88.44.55	R	S
HIND Stephen Nationalité britannique Business Manager SD-SCICON UK LTD 49 Berners St, London W1P 4AQ ENGLAND Tél : (44-71) 580-5599 - Fax : (44-71) 580-7716	R	S
Maj. HENNEBECK Lawrence M. Nationalité américaine Asst PM - Dir of OPS U. S. MISSILE COMMAND / AMCPM - UG Redstone Arsenal, Alabama 35898 - 3060 U.S.A. Tél : (1-205) 842-0943 - Fax : (1-205) 842-0947	R	S
HENNION Denis Nationalité française SEXTANT AVIONIQUE B.P. 59 78141 Vélizy Villacoublay Cedex FRANCE Tél : (33-1) 46.29.71.39 - Fax : (33-1) 46.30.59.66	R	S
HOELTZENER Brigitte Nationalité française Ingénieur d'Etudes ETCA/CREA 16bis, avenue Prieur de la Côte d'Or, 94114 Arcueil Cedex FRANCE Tél : (33-1) 42.31.99.68 - Fax : (33-1) 42.31.99.55	R	S

H-1
6

- 17 -

<p>BOB HOFFMANN Walter Nationalité allemande Attaché adjoint pour l'armement ARM. Ambassade RFA - Paris 13-15 avenue FD Roosevelt - 75008 Paris FRANCE Tél : (33-1) 42 99 78 85</p>		
<p>Dr HOFFMANS Daniel Nationalité hollandaise Directeur du programme de la recherche TNO DIVISION OF NATIONAL DEFENCE RESEARCH Schoemakersstraat 97 P O 60006, 2600 JA Delft Zuit-Hollande, PAYS-BAS Tél : (31-15) 69 4823 - Fax : (31-15) 62 7319</p>	R	S
<p>Dr HOLZHAUSEN Klaus-Peter Nationalité allemande Directeur des programmes de la recherche en robotique FAT WERTHHOVER Neuenahrer Str.20, Wachtberg - Werthhoven 5307 GERMANY Tél : (49-228) 852-480 - Fax : (49-228) 852-451</p>	R	S
<p>HUGHES Brian Nationalité américaine General Engineer US ARMY LABORATORY COMMAND AMSLC - AT, Fort Meade 20755/0241 Maryland U.S.A. Tél : (1) 301-621-9573 - Fax : (1) 301-621-7314</p>	R	S
<p>IMBERT Eric Nationalité française DAT/SEFT 18, rue du Docteur Zamenhoff, 92130 Issy les Moulineaux FRANCE Tél : (33-1) 40 95 31 00 - Fax : (33-1) 40 95 31 01</p>	R	S

<p>IGA JAMPY Pierre Nationalité française</p> <p>Directeur</p> <p>ENSTA 32, Bd Victor, 00450 Armées FRANCE Tél : (33-1) 45.52.49.85 - Fax : (33-1) 45.52.55.87</p>	<p>R</p> <p>S</p>
<p>JACOBUS Charles Nationalité américaine</p> <p>CYBERNET SYSTEMS CORP. 1919 Green Rd suite B101, 48105-2554 Ann Arbor-Michigan U.S.A Tél : (1 - 313) 668-2567 - Fax : (1 - 313) 668-8780</p>	<p>R</p> <p>S</p>
<p>JACOBUS Heidi Nationalité américaine</p> <p>CYBERNET SYSTEMS CORP. 1919 Green Rd suite B101, 48105-2554 Ann Arbor-Michigan U.S.A Tél : (1 - 313) 668-2567 - Fax : (1 - 313) 668-8780</p>	<p>R</p> <p>S</p>
<p>JARA Angel Nationalité espagnole</p> <p>Directeur de la recherche</p> <p>MOD SPAIN Arturo Soria 289, Madrid 28033 ESPAGNE Tél : (34-1) 302 60 40 - Fax : (34-1) 302 80 47</p>	<p>R</p> <p>S</p>
<p>Cdt JOHNSON Powell A. Nationalité américaine</p> <p>Equipment specialist</p> <p>U.S. ARMY INFANTRY SCHOOL attn : atsh.cdm. E (P.JOHNSON) FORT BENNING, GEORGIA U.S.A Tél : (1 - 404) 545-3181 - Fax : (1 - 404) 545-2517</p>	<p>R</p> <p>S</p>

JK
▲ 6

- 19 -

Col. KALOGEROPOULOS Dimitrios

HNDGS - D-BRANCH/R.T. SECTION
MINISTRY OF NATIONAL DEFENSE
Holargos - Athens
GRECE

KANOUI Henry
Nationalité française

IRIAM
Technopole de Chateau Gombert/Europarc BTC - 13013 Marseille
FRANCE
Tel : (33) 91.05.50.18 - Fax : (33) 91.61.25.67

R

KAY Ian
Nationalité britannique
Manager Robotics Group
HUNTING ENGINEERING LTD
Reddings Wood, Ampthill, MK21 0BD Bedford - Fordshire
ENGLAND
Tel : (44-525) 525-841000 - Fax : (44-525) 525-40586

R

KOENIG Anne
Nationalité française
Ingénieur
CEA / LETI
CEA-CENG Leti/SDYS/SETIA BP 85X - F 38041 GRENOBLE CEDEX
FRANCE
Tel : (33-76) 88 37 30 - Fax : (33-76) 88 51 59

S

1

-20-

<p>Pr.KUZUCU Ahmet Nationalité turque</p> <p>ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY - MECHANICAL ENGINEERING FACULTY 80191 Gümüssuyu,İstanbul TURQUIE Tel : (90-1) 1433100 24 73 - Fax : (90-1) 761734</p>			<p>R</p> <p>S</p> <p>Pr.KUZUCU Ahmet Nationalité turque</p> <p>ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY - MECHANICAL ENGINEERING FACULTY 80191 Gümüssuyu,İstanbul TURQUIE Tel : (90-1) 1433100 24 73 - Fax : (90-1) 761734</p>
		<p>KROGMANN Uwe Nationalité allemande</p> <p>Head system dept.</p> <p>BODENSEEWEEK GERATETECH.NIK GMBH 7770 Überlingen, Baden Württemberg GERMANY Tel : (49-7551) 8964 38 - Fax : (49-7551) 89 28 22</p>	<p>R</p> <p>S</p> <p>KROGMANN Uwe Nationalité allemande</p> <p>Head system dept.</p> <p>BODENSEEWEEK GERATETECH.NIK GMBH 7770 Überlingen, Baden Württemberg GERMANY Tel : (49-7551) 8964 38 - Fax : (49-7551) 89 28 22</p>
			<p>LAFONTA Fernande Nationalité française</p> <p>DGA/ETCA/CEB ETCA CEB DPN - 16bis Ave Prieur de la Côte d'Or - 94114 Arcueil FRANCE Tel : (33-1) 42 61 97 51</p>
<p>BWB REFERENT BUNDESUNT FÜR WEHRTECHNIK UND BESCHAFFUNG B.P. 73 60, 5400 Koblenz GERMANY Tel : (49-261) -400-6771 - Fax : (49-261) -400-7964</p>			

<p>LANCRENON Philippe Nationalité française</p> <p>CEA/Unité Robotique, CEN B.P. 6, 92265 Fontenay-aux-Roses FRANCE Tél. : (33 - 1) 46.54.76.26 - Fax : (33 - 1) 42.53.89.48</p>	<p>LAURGEAU Claude Nationalité française</p> <p>ECOLE DES MINES, CENTRE CAO & ROBOTIQUE 60 Bd St. Michel, 75272 Paris FRANCE Tél : (33 - 1) 40.51.91.69 - Fax : (33 - 1) 43.54.18.93</p>	<p>LECLAVIER Gérard Nationalité française</p> <p>CEA/AT-SERS CEN/FAR - Unité Robotique 92265 Fontenay aux Roses BP N°6 FRANCE Tel. (33-1) 46.54.75.67 - Fax : (33-1) 42.53.73.38</p>	<p>LEEUW Mathijs Nationalité hollandaise</p> <p>TNO PRINS MAURITS LABORATORY 2280 AA Rijswijk Zuid Holland PAYS-BAS Tel : (31.15).84.35.78 - Fax : (31.15).84.39.91</p>	<p>LEMCHE Viggo Nationalité danoise</p> <p>NATO DEFENCE RESEARCH SECTION 1110 Bruxelles BELGIQUE Tel : (327.2).728.42.86 - Fax : (327.2).728.41.03</p>
<p>LAUNAY Jean-Pierre Nationalité française</p> <p>Ingénieur</p> <p>FRAMATOME Tour Fiat, B.P. Cedex 16, 92084 Paris La Défense FRANCE Tél. : (33 - 1) 47.96.45.24 - Fax : (33 - 1) 47.96.01.03</p>				

	M. LICCIARDELLO Giuseppe Nationalité italienne Director of section	R x 2	S
	MOD ITALY/DIREZIONE GENERALE A.M.A.T. Ministero Difesa-Dir. Gen. A.M.A.T. Via XX Settembre, 123/A 00187 Roma ITALIE Tel.: (39-6) 47.35.55.76 - Fax: (39-6) 48.46.51		
	LISTER Keith Nationalité britannique	R	S
	Project Engineer		
	GKN DEFENCE PO BOX 106 Hadley Castle Works TF1 4QW Telford PO 106 Shropshire ENGLAND Tel.: (44.952) 244.321 x 2896 - Fax: (44.952) 57962		
	Pr LESTEL Jacques Nationalité française	R x 2	S
	DRET 4, avenue Porte d'Issy, 00460 Armées Paris FRANCE Tel.: (33-1) 45.52.46.56 - Fax: (33-1) 45.52.49.86		
	LESTEL Jean-Charles Nationalité française Ingénieur de Recherches	S	S
	DRET/ONERA 29, avenue de la Division Leclerc BP 72 - 92320 Chatillon sous Bagnous FRANCE Tel.: (33-1) 46.57.11.60 poste 21.18 - Fax: (33-1) 46.54.03.21		
	ICA LOUCHET Jean Nationalité française	R	S
	ENSTA 32, Bd Victor, 75015 Paris FRANCE Tel.: (33-1) 45.52.44.18 - Fax: (33-1) 45.52.55.87		

L
M

- 23 -

<p>Pr LOURTIE Pedro Nationalité portugaise</p> <p>INSTITUTO SUPERIOR TECNICO 1086 Lisboa Cedex PORTUGAL Tel : (351-1) 800 525 - Fax : (351-1) 89942</p>	<p>R</p>	<p>S</p>	<p>MALDY Jacques Nationalité française</p> <p>Laboratoires de Marcoussis Route de Nozay - 91460 Marcoussis FRANCE Tel : (33-1) 64.49.12.11 - Fax : (33-1) 64.49.01.25</p>	<p>S</p>
			<p>IGA MARÇAIS Victor Nationalité française</p>	
			<p>Président de la Commission II du GEIP / DRET 26, Bld Victor - 00460 Armées FRANCE Tel : (33-1) 45.62.40.04 - Fax : (33-1) 45.352.46.81</p>	
			<p>MACHEAND Daniel Nationalité française</p>	
			<p>ETAS-FRANCE Route de Laval BP 1407 49041 Angers Cedex FRANCE Tel : (33) 41.33.67.48 - Fax : (33) 41.33.67.04</p>	
			<p>Col. MARESCAUX Henri Nationalité française</p>	
			<p>EMAT/ETUDES 14, rue Saint-Dominique - 00453 Armées FRANCE Tel : (33-1) 40.65.47.38 - Fax : (33-1) 40.65.47.05</p>	
			<p>MOD HQ Room 1187 Main Building, Whitehall SW1 London ENGLAND Tel : (44-71) 071.218.3402 / Fax : (44-71) 071.218.6481</p>	

M

- 24 -

MARGUIN Jean Nationalité française Vice Président Directeur Général AERO 3, avenue de l'Opéra - 75001 Paris FRANCE Tel.: (33-1) 42.60.30.26 - Fax : (33-1) 40.15.95.54	R	Gal. MAURANDI Giorgio Nationalité italienne Capo Reparto	R	S
 MARTIN Stephen Nationalité américaine Electronic engineer	R	MAY Elizabeth Anne Nationalité américaine Intern'l RDA Specialist	R	S
 Dr. MARTIUS Christian Nationalité allemande	R x 2	 MOD.BONN Section Head Bundesminister der Verteidigung Rue 14 PO: 13228 D 5300 Bonn GERMANY Tel.: (49-228) 1242219 - Fax : (49-228) 12 6784		
 MAAS Jan		 TNO - DEFENSEONDERZOEK Oude Waalsdorperweg 63 PostBus 96864 2509 JG s-Gravenhage PAYS-BAS Tel.: (70)326.42.21		

M₆

- 2 J -

MERCIER Omer Nationalité française Project Manager	R	S	MICHELIN Jean-Luc Nationalité française Attaché technique Direction Générale
FRAMATOME 10, rue Juliette Récamier - BP 30883 - 69398 Lyon Cedex 03 FRANCE Tél : (33-1) 72.74.89.25 - Fax : (33-1) 72.74.88.61	R	S	SERE, BEZU 2, rue Kappler, 92600 Asnières FRANCE Tél : (33-1) 47.93.30.31 / Fax : (33-1) 47.93.03.56
Col. MERISON Rudolf J.W. Nationalité hollandaise Deputy Director R&D	R	S	Cd: MOLINER Jean-Luc Nationalité française Responsable Etudes EMAT/BFE 14, rue Saint-Dominique - 00453 Armées FRANCE Tél. (33.1) 40.65.47.27 / Fax : (33.1) 40.65.47.05
MINISTRY OF DEFENCE Kalvermarkt 32 - B.O. BOX 20701, 2500ES, Den Haag PAYS-BAS Tél : (31-70) 318 7509 - Fax : (31-70) 318 8145	R	S	MERTES Ewald Nationalité allemande GIAT INDUSTRIES 13, Route de la Minière - 78022 Versailles FRANCE Tél : (33-1) 39 49 30 83 - Fax : (33-1) 39 49 33 46
MEUNIER François Nationalité française	R	S	DIRECTION DES ARMEMENTS TERRESTRES DAT/MOB/SBC 10, place Georges Clémenceau / 92211 Saint-Cloud FRANCE Tél : (33-1) 47.71.42.14

N-N-O

- 26 -

ICA MOULINIER Pierre C
Nationalité française

DGA/DCN
8, Bd Victor 75015 Paris
FRANCE
Tél : (33-1) 40.59.15.83 - Fax : (33-1) 45.54.06.89

ICA MOUHNJAC Guy
Nationalité française
Resp Automatique Robotique

DGA/DAT/ETAS
ETAS, service TCB/AC BP 4107 - 49041 Angers Cedex
FRANCE
Tél : (33) 41.93.68.39

ICA NOEL Jacques
Nationalité française

Président

ROBOTIC SYSTEMS TECHNOLOGY
4312 Blackrock Rd, 21074 Hampstead, Maryland
U.S.A.
Tél : (1-301) 239-6013 / Fax : (1-301) 239-3154

ICA NOEL Jacques
Nationalité française

DIRECTION DESARMEMENTS TERRESTRES
DATMOB'SBC, Place Georges Clémenceau, 92211 Saint-Cloud
FRANCE
Tél : (33-1) 47.71.42.19

NOEL Sylvain
Nationalité française

1, Place Albert Faucher, 19012 Tulle
FRANCE
Tél : (33) 55.20.10.09 - Fax : (33) 55.20.26.08

ICA NOUAN Robert
R
S

GIAT INDUSTRIES
13 Route de la Minière, 78034 Versailles Cedex
FRANCE
Tél : (33-1) 30.97.36.25 - Fax : (33-1) 30.97.39.00

IA OLIVIER Christian
Nationalité française

ETCA/CREA
16 bis avenue Prieur de la Côte d'Or, 94114 Arvieu
FRANCE
Tél : (33-1) 42.31.98.74 - Fax : (33-1) 42.31.99.55

OLLIER Jean-Louis
R
S
Nationalité française

FRAMATOME
10, rue Juliette Récamier - BP 3083, 69398 Lyon Cedex 03
FRANCE
Tél : (33) 72.74.85.19 - Fax : (33) 72.74.88.61

Autonomous Mobile Robotic Program Manager

Q-P

- 27 -

	PASSENIER Peter Nationalité hollandaise Researcher	R	S
	INSTITUTE FOR PERCEPTION/TNO Kampweg 5, P.023 - 3769ZG Soesterberg PAYS-BAS Tél : (31-3463) 56.317 - Fax : (31-3463) 53.977		
	PATIN Paul Guy Nationalité française Chef de service	S	
	AEROSPATIALE 2, rue Beranger - BP 84, 92322 Chatillon sous Bagneux FRANCE Tél : (33-1) 47.46.23.25 - Fax : (33-1) 47.46.27.77		
	PEGUET		
	DRET - FRANCE 00460 ARMÉES FRANCE		
	PARENT Michel M.I.T.		
	PARODI Alexandre Nationalité française	R	S
	INFODYNE SARL 10, rue de la Paix, 75002 Paris FRANCE Tél : (33-1) 69.43.08.83 - Fax : (33-1) 69.06.98.98	MINISTRY OF DEFENCE, DMKM/NCS PO BOX 20702 - NL-2500ES, Den Haag PAYS-BAS Tél : (31-70) 316.3398	

PAGE

- 28 -

<p>PERUSOT Gilles Nationalité française</p> <p>SEFT (DAT) Fort d'Issy, 18, rue du Dr Zamenhoff, 92131 Issy les Moulineaux FRANCE Tél : (33-1) 40.95.35.79 - Fax : (33-1) 40.95.35.79</p>	<p>R</p>	<p>Cpt (ret.) PLANT John B. Nationalité canadienne Principal - Directeur des Etudes</p> <p>ROYAL MILITARY COLLEGE OF CANADA Kingston, K7 KELU, Ontario CANADA Tel. (1-613) 541-6211 - Fax : (1-613) 542-3545</p>	<p>R</p>	<p>S</p>
<p>PETERSON Larry Nationalité américaine</p> <p>Human factors scientist</p> <p>U.SARMY HUMAN ENGINEERING LAB Aberdeen PG 210003 5001 Maryland U.S.A. Tel. (1-301) 278-5962 - Fax : (1-301) 278-7675</p>	<p>R</p>	<p>PODESTA Claudio Nationalité italienne Marketing manager</p> <p>RIVA CALZONI S.P.A. Via Ponente, 72, 3152 BO, Bologne 40133 ITALY Tel. (39-51) 527511 - Fax : (39-51) 6574655</p>	<p>R</p>	<p>S</p>
<p>PITACCO Nadia Nationalité italienne</p> <p>INFORMATICA SYSTEMI S.D.A. Via mercantesso, 20021 Bollate, Milan ITALIE Tel. (39.2) 35790871 - Fax : (39.2) 3560781</p>	<p>R</p>			

<p>POUPLARD Jean Pierre Nationalité française</p> <p>A.T.M.I. 92 Bld du Montparnasse 75014 Paris FRANCE Tel. (33-1) 42 79 52 54 - Fax. (33-1) 42 79 52 52</p>	<p>R</p> <p>S</p> <p>QUIN Jean Philippe Nationalité française Senior Engineer</p> <p>DASSAULT ELECTRONIQUE 55 quai Marcel Dassault Electronique 92214 Saint-Cloud FRANCE Tel. (33-1) 34 81 42 86 - Fax. (33-1) 34 81 38 37</p>	<p>R</p> <p>S</p> <p>POWELL Robin Nationalité britannique Head of Advanced Engineering</p> <p>GKN DEFENSE P.O. BOX 106, Telford, Shropshire ENGLAND Tel. (44-952) 244321 - Fax. (44-952) 57962</p> <p>PRANG Eric Nationalité française</p> <p>CSEE DEFENSE Z.A. Courtadeuf, 6 Av. des tropiques 91943 Les Ulis FRANCE Tel. (33-1) 69 368500 - Fax. 69970370</p>	<p>R</p> <p>S</p> <p>RAMAHENINA Philippe Nationalité française Ingénieur</p> <p>ETBS Route de Guerry Carrefour de O Nord, 18015 Bourges FRANCE Tel. (33) 45505275 - Fax. (33) 45524643 - Fax. (33-1) 45524681</p>	<p>RAYNAL Patrice Nationalité française Ingénieur</p> <p>AERO 3 Av. de l'opéra 75001 Paris FRANCE Tel. (33-1) 42 60 30 26 - Fax. (33-1) 40 15 95 54</p>
--	---	---	--	--

<p>Col. REDMOND William AGARD 7, rue Ancelle, 92000 Neuilly FRANCE</p>	<p>ICA RIEUX Michel Nationalité française</p>	<p>DRET/SDR/RAA 26 Bd Victor 00460 Armées FRANCE ((33-1) 45524661 - Fax. (33-1) 45524681</p>
<p>ICA REFALO Catherine Nationalité française</p> <p>Responsable Etudes Robotique - Ingénieur</p> <p>DAT/SEFT 18 av du Dr Zamenhoff 92131 Issy les Moulineaux FRANCE Tel. (33-1) 40.95.35.21 - Fax : (33-1)40.95.31.01</p>	<p>R</p> <p>ROBINSON Russel Nationalité américaine</p> <p>International R&D Coordinator</p> <p>U.S. ARMY RESEARCH, DEVELOPMENT & STANDARDIZATION GROUP American Embassy - USARDSC-GE, Deichmann Ave 29, 5300 Bonn GERMANY Tel. (49-228)-339-2335 - Fax : (49-228) 333-601</p>	<p>R</p> <p>ROELEVALD Maartei Nationalité allemande</p> <p>Deputy Groupleader FEL - INO</p> <p>PHYSICS AND ELECTRONICS LABORATORY TNO Oude Waalsdorpplein 63 The Hague - PO BOX 96864 2509 JG PAYS-BAS Tel. (31-70)-32 64 211 Fax. (31-70) 32 80961</p>
<p>REICHERT Olivier Nationalité française</p> <p>SAGEM - Le Ponant 27 rue Leblanc 75512 Paris Cedex FRANCE</p>	<p>R</p> <p>Mjr ROOTHOOFT Marc Nationalité belge</p> <p>Chef du département des essais véhicules - Ingénieur du matériel Service national technique de la Force Terrestre - Centre d'expérimentations KWARTIER OOST ST. JOBSE STEENWEEG - 2930 BRASSCHAAT BELGIQUE Tél. : (32-3) 663 08 51 Ext 4500</p>	<p>R</p> <p>S</p> <p>RESENDES Raymond Nationalité américaine</p> <p>Electronic Engineer</p> <p>Commander USA CSTA - ATTN : STECS AA-AR APG, MDD21009 - USA Tel. (1-301) 278-8646 - Fax : (1-301) 278-1305</p>

R-S
6

- 31 -

<p>Pr de ROUGEMONT Michel Nationalité française</p> <p>L.E.I. ENSTA 32 Blvd Victor 75015 Paris Tel. (33-1) 45 52 47 99 - Fax. (33-1) 45 52 55 87</p>	<p>ROY ENSTA 32, Blvd Victor - 75015 Paris FRANCE</p>
<p>IGA DE SAINT GERMAIN Paul-Ivan Nationalité française</p> <p>Directeur</p> <p>DRET 26 Blvd Victor 75015 Paris Tel. (33-1) 45 52 46 10 - Fax. (33-1) 45 52 46 81</p>	<p>R</p> <p>Nationalité britannique</p> <p>RARDE Chobham Lane, Chertsey KT16 ENGLAND Tel. (44-344) 723366 - Fax : (44-344) 24470</p>
<p>Luc SANS Patrick Nationalité française</p> <p>ETAT MAJOR DES ARMEES 231 Blvd Saint Germain 1456 Armées</p>	<p>R</p> <p>S</p> <p>SCARPA Stefano Nationalité italienne</p> <p>ELSAG-ELETTRONICA SAN GIORGIO Via Puccini n° 2, 16154 Genova ITALIE Tel. (3910) 6001746 - Fax : (3910) 6001638</p>

Dr SCHMIDT Dirk Nationalité allemande Departemental Head IBP PIETZSCH GMBH P.O. 652, 7505 Ettlingen GERMANY Tel. (49-7243) 709-150 - Fax : (49-273) 709-191	R	S
SCHNEIDER Gerhard Nationalité allemande	R	SCRIBA Hans Wilhelm Nationalité allemande Referent
THYSSEN INDUSTRIE AG HENSCHEL P.O. 102969, 3500 Kassel GERMANY Tel. (49-561) 801 6442 - Fax : (49-561) 801-6966		BUNDES MINISTER DER VERTEIDIGUNG RÜTTIV 2 P.O. 1328, D-5300 Bonn 1 GERMANY Tel. (49-228) 124 252 - Fax : (49-228) 125357
Lt. COL SCHONKNECHT Dieter Nationalité allemande	S	SELLSCHOPP Friedhart Nationalité britannique NATO 1110 Bruxelles BELGIQUE Tel. (32-728) 4298 - Fax : (32-728) 4103
SCHWAN Erich Nationalité allemande Group Leader MOD ACADEMY FÜR ADMINISTRATION UND TECHNOLOGY Seckenheimer Landstrasse 8/10, 6800 Mannheim GERMANY Tel. (49-621) 418091 APP 365 - Fax : (49-621) 418091 Ext. 215	R	SHARMAN John Nationalité allemande Marketing executive
		STC DEFENCE SYSTEMS Brixham Rd, Devon ENGLAND Tel. (44-803) 550762 - Fax : (44-803) 664129

S

SHOEMAKER Charles Nationalité américaine Chief Robotics program office U.S. ARMY LABORATORY COMMAND Advanced Systems Concepts Office 2800 Powder Millroad, 20783-1145 Adelphi, Maryland U.S.A Tel (1-301) 278-5868 Fax (1-301) 278-8828	R	S	STAMATOPOULOS Dimitri Nationalité grecque OTAN Defense Research Section 1110 Bruxelles BELGIQUE Tel (32 2) 728-4301 Fax (32 2) 728 4163	S
SPAIN Edward H. Nationalité américaine Scientist NAVAL OCEAN SYSTEMS CENTER, HAWAII LABORATORY NOSC code 531 96734-0997 Hawaii U.S.A Tel (1808) 257-1658 Fax (1808) 257-1685	R	S	STEPHAN Diethelm Nationalité allemande Head of section MOD. GERMANY RLT IV 2 P.O. 13-28 5300 Bonn 1 GERMANY Tel (49-228) 124 254 Fax (49-228) 125 357	R
SCHULITIS W. INSTITUTE FOR DEFENSE ANALYSES 1801 Beauregard - Alexandria Va 22311 USA Tel (1-703) 845 2330				

<p>C. Admiral SUBRA André Nationalité française</p> <p>DIOPTRÉ TOULON Point fixe 7 Bd de Strasbourg 83000 Toulon FRANCE Tel. (3394) 22 58 35 Fax. (33-94) 09 15 54</p>	<p>R</p> <p>Professeur</p>	<p>TIERNEGO Martin Nationalité hollandaise</p> <p>ROYAL MILITARY ACADEMY Kasteed - plein 10 -P.O. 90154 4800 RG Breda PAYS-BAS Tel. (31-76) 27-3118 - Fax : (31-76) ..273534</p>	<p>R</p>
<p>TAGLIAMACCO Mauro Nationalité italienne</p> <p>Research and Development</p> <p>ELSAG Via Puccini 2, 16154 Genova ITALIE Tel. (39-10) 6001-1 - Fax : (39-10) 6001-638</p>	<p>R</p>	<p>S</p>	<p>TISSEDRE Marc Nationalité française</p> <p>DASSAULT ELECTRONIQUE 55 Quai Marcel Dassault 92214 St Cloud FRANCE Tel. (39-1) 34.81.39.61 - Fax : (33-1) 34.81.38.37</p>
<p>THOMAS Hugh Nationalité britannique</p> <p>Senior Scientist</p> <p>BRITISH AEROSPACE PLC - SOWERBY RESEARCH CENTER (FPC 267) PO BOX 5, Filton BRISTOL BS12 7QW ENGLAND Tel. (44-272) 363313 - Fax : (44-272) 363733</p>	<p>R</p>	<p>S</p>	<p>TIXIER Roland Nationalité française</p> <p>Directeur Scientifique</p> <p>DRET/ETCA 16 bis Av. Prieur de la Côte d'or 94114 Arcueil Cedex FRANCE Tel. (33-1) 42 31 95 56 - Fax. (33-1) 42 31 97 46</p>
<p>Lt. Col. THOYTS Johnny Nationalité britannique</p> <p>SO1 STUDIES G MOD (UK) Room 2384, Mod man Building whitehall - SW1A 2HB London Tel. (44-71) 218 39 07 - Fax (44-71) 218 66 54</p>	<p>R</p>	<p>S</p>	<p>THOMAS Barry Nationalité britannique</p> <p>Lecturer</p> <p>UNIVERSITY OF BRISTOL Bristol B 9817 R UK DANEMARK</p>

T-U

TOMMASI Marcello Nationalité italienne	R	S
TELETTRA Via Vitorchiamo III 00189 Rome ITALIE Tel. (39.6) 396-864-89 - Fax : (39.6) 396-864-18		

TOURNASSOUD Pierre		
LABORATOIRES DE MARCOUSSIS Route de Nozay 91460 Marcoussis FRANCE Tel. (33.1) 64.49.14.71 - Fax : (33.1) 64.49.06.95		

TWARDAWA Philip Nationalité canadienne	Rx2	S
Consultor, Defence R & D CANADIAN GOVERNMENT Ambassade du Canada - 35 Av. Montaigne 75008 Paris FRANCE Tel. (33.1) 47.23.01.01 - Fax. (33.1) 47.23.56.28		

UMEDA Alan Nationalité américaine	R	S
INFORMATICA SISTEMI S.P.A. Via Mercatese 3, 20021 Bollate ITALIE Tel. (39.2) 35790870 - Fax : (39.2) 3560781	Engineer	NAVAL OCEAN SYSTEMS CENTER P.O BOX 997 Kailua Hawaii 96734 U.S.A. Tel. (1.808) 257-1681 - Fax : (1.808) 257-5296

U-V-W

- 36 -

<p>URVOY Emile Nationalité française</p> <p>GIAT INDUSTRIES BBT Route de la Minière Satory P.O.134278013 Versailles FRANCE Tel. (33-1) 39 49 30 33 - Fax. 33-1) 39 49 33 46</p>	<p>R</p> <p>S</p>	<p>VAN KAMPEN Ronald Nationalité hollandaise</p> <p>Scientifique</p> <p>PHYSICS AND ELECTRONICS LABORATORY Oude Waalsdorperweg 63 - 2597 AR DEN HAAG PAYS BAS Tel. (31.70) -326-4221 - Fax : (31.70)-328-0961</p>	<p>R</p> <p>S</p>
<p>VAN DER BLIEK</p> <p>OTAN PAYS BAS</p>	<p>R</p>	<p>VERMOREL Nationalité française</p> <p>NATO DEFENSE RESEARCH SECTION 1110 Bruxelles BELGIQUE Tel. (32 2) 728-4759 - Fax : (32 2) 728-4103</p>	<p>R</p>
<p>VAN GENT Ronald Nationalité hollandaise</p> <p>Researcher</p> <p>TNO-IZF Kampweg 5 P.O. 23 3709 ZG Soesterberg PAYS-BAS Tel. (31.34) 69-56325 - Fax : (31.34) 63-53635</p>	<p>R</p>	<p>ICA VORS Bernard Nationalité française</p> <p>Chef de groupe Informatique - Automatique</p> <p>DGA / DRET 26 Bld Victor - 75015 Paris FRANCE Tel. (33-1) 45 52 46 66 - Fax. (33-1) 45 52 65 20</p>	<p>R</p>
<p>VAN HOEK Ernst A. Nationalité hollandaise</p> <p>Director</p> <p>MIN. OF DEFENCE NETHERLANDS Kalvermarkt 32 - P.O. 20701 2500 ES the Hague PAYS-BAS Tel. (31-70) -318-6977 - Fax : (31.70) -318-8145</p>	<p>R</p> <p>S</p>	<p>WAKEFIELD Douglas Stanley Nationalité canadienne</p> <p>NATIONAL DEFENCE HEADQUARTERS MGEN Georges Pearkes Building K1A. OK2 Ottawa CANADA Tel. (1613) 992-7860 - Fax : (1613) 996-5177</p>	<p>R</p> <p>S</p>

<p>WISSHAUPT Daniel Nationalité française</p>	<p>THOMSON-BRANDT-ARMEMENTS 45240 La Ferté St Aubin FRANCE Tel. (33) 38 51 68 60 - Fax. (33) 38 51 66 09</p>	<p>R</p> <p>S</p>
<p>WILLEMSEN Gerardus Nationalité Hollandaise</p> <p>Staff. Sect. Research Progr.</p> <p>BO BOX 6006 - 2600 YA DELFT PAYS-BAS</p> <p>Tel. (31-15) 68 48 45 - Fax. : (31-15) 62 73 19</p>	<p>R</p> <p>S</p> <p>WOLF Heinz Joachim Nationalité allemande</p> <p>dpm SYSTEM TECHNOLOGY - LAND ARMAMENT SYSTEMS</p> <p>BMVG-BONN, RUE T III 1 Bundes Minister Der Verteidigung Postfach 1328 5300 Bonn 1 GERMANY Tel. (49-228) 12/4409 - Fax. : (49-228) 12 63 53</p>	<p>R</p> <p>S</p>
<p>Ltc WINKELMOLEN Piet Nationalité hollandaise</p> <p>Lecturer</p> <p>HOGERE-KRIJQSCHOOL Command and General Staff College Frederikskazerne, Van der Burchlaan 31 - P.O. 90701 2509 LS The Hague PAYS-BAS</p> <p>Tel. (31-70) 316 66 19 - Fax. (31-70) 316 66 961</p>	<p>R</p> <p>S</p>	<p>ZAOUI Pierre Nationalité française</p> <p>Ingénieur</p>
<p>ETBS Route de Guerry carrefour de O Nord 18015 Bourges FRANCE Tel (33-48) 50 52 75 - Fax. (33-48) 20 02 18</p>		

Z
AC26

- 38 -

<p>Dr ZAPP Nationalité allemande</p>	<p>R</p>	<p>S</p>	<p>ROY</p>	<p>ENSIA</p>
<p>ESG ELEKTRONIK-SYSTEM-GESELLSCHAFT MBH Vogelweideplatz 9, 8000 München GERMANY Tel. (49-89) 9216-2947 - Fax: (49-89) 9216-2631</p>				
<p>Pr. ZAVIDOVIQUE Bertrand Nationalité française</p>			<p>Major WHITHOUSE Richard</p>	
<p>Conseiller scientifique</p>			<p>MINISTRY OF DEFENSE: Main Building LSOR 10 Whitehall London ROYAL MAIL L.N.I Tel: (71) 218 3094</p>	
<p>ETCA/CREA 16 bis Av. Prieur de la Côte d'or 94114 Arcueil Cedex FRANCE Tel. (33-1) 42 31 97 19 - Fax. (33-1) 42 31 99 55</p>				

NATO SANS CLASSIFICATION - DIFFUSION NON LIMITEE

CENTRES DE DOCUMENTATION DU GRD

L'OTAN ne conserve pas de stocks de publications du GRD destinées à la diffusion générale. L'OTAN se charge de la première phase de la distribution de tous les documents à partir de son bureau d'ordre central. Les pays distribuent alors ces documents par l'intermédiaire des bureaux d'ordre nationaux OTAN, des sous-bureaux d'ordre et des points de contrôle. Il est parfois possible de se procurer des exemplaires supplémentaires des documents auprès de ces bureaux d'ordre. Les centres de documentation figurant dans la liste ci-dessous fourniront sur demande des exemplaires des documents techniques du GRD publiés précédemment.

BELGIQUE

EGM-JSRL
Quartier Reine Elisabeth
Rue d'Evere, 1140 Bruxelles
Tel:(02)243 3163, Fax:(02)243 3655

PAYS-BAS

TDCK
P.O. Box 90701
2509 LS Den Haag
Tel:(070)3166394, Fax:(070)3166202

CANADA

Direction des services de l'information scientifique
Quartier général de la Défense nationale
Edifice major-général George R. Pearkes
Ottawa, Ontario, K1A 0K2
Tel:(613)992-2263, Fax:(613)996-0392

NORVEGE

Norwegian Defence Research Establishment
Central Registry
P.O. Box 25
2007 Kjeller
Tel:(06)80 71 41 Fax:(06)80 71 15

DANEMARK

Forsvarets Forskningstjeneste
Ved Idrætsparken 4
2100 København Ø
Tel:3927 8888 + 5660,
Fax:3543 1086

PORTEGAL

Direcção-General de Armamento
Ministério da Defesa Nacional
Avenida da Ilha da Madeira
1499 Lisboa
Tel:(01)610001 ext.4425, Fax:(01)611970

FRANCE

CEDOCAR
00460 Armées
Tel:(1)4552 4500, Fax:(1)4552 4574

ESPAGNE

DGAM
C/ Arturo Soria 289
28033 Madrid
Tel:(91)2020640, Fax (91)2028047

ALLEMAGNE

DOKFIZBw
Friedrich-Ebert-Allee 34
5300 Bonn 1
Tel: (0228)233091, Fax:(0228)125357

TURQUIE

Genelkurmay Genel Plan Prensipler
Savunma Araştırma Daire Başkanlığı
Ankara
Tel:(4)1176100 ext.1684, Fax:(4)11763386

GRECE

National Defence Headquarters
R+T Section (D3)
15561 Holargos, Athens
Tel: (01)64 29 008

ROYAUME UNI

DRIC
Kentigern House, 65 Brown Street
Glasgow G2 8EX
Tel:(041)224 2435, Fax:(041)224 2145

ITALIE

MOD Italy
SEGREDIFESA IV Reparto PF.RS
Via XX Settembre, 123/A
00100 Roma
Tel:(06)735 3339, Fax:(06)481 4264

ETATS UNIS

DTIC
Cameron Station
Alexandria, VA 22304-6145
Tel:(202)274-7633, Fax:(202)274-5280

SECTION RECHERCHE POUR LA DEFENSE

OTAN

B 1110 BRUXELLES

BELGIQUE

Téléphone [32](2)728 4285 - Télécopie [32](2)728 4103
(ne fait pas office de centre de distribution des documents du GRD)

UNCLASSIFIED - UNLIMITED

DRG DOCUMENT CENTRES

NATO does not hold stocks of DRG publications for general distribution. NATO initiates distribution of all DRG documents from its Central Registry. Nations then send the documents through their national NATO registries, sub-registries, and control points. One may sometimes obtain additional copies from these registries. The DRG Document Centres listed below can supply copies of previously issued technical DRG publications upon request.

BELGIUM

EGM-JSRL
Quartier Reine Elisabeth
Rue d'Evere, 1140 Bruxelles
Tel:(02)243 3163, Fax:(02)243 3655

THE NETHERLANDS

TDCK
P.O. Box 90701
2509 LS Den Haag
Tel:(070)3166394, Fax:(070)3166202

CANADA

Directorate of Scientific Information Services
National Defence Headquarters
MGen. George R. Pearkes Building
Ottawa, Ontario, K1A 0K2
Tel:(613)992-2263, Fax:(613)996-0392

NORWAY

Norwegian Defence Research Establishment
Central Registry
P.O. Box 25
2007 Kjeller
Tel:(06)80 71 41 Fax:(06)80 71 15

DENMARK

Forsvarets Forskningstjeneste
Ved Idrætsparken 4
2100 København Ø
Tel:3927 8888 + 5660,
Fax:3543 1086

PORTUGAL

Direcção-General de Armamento
Ministério da Defesa Nacional
Avenida da Ilha da Madeira
1499 Lisboa
Tel:(01)610001 ext.4425, Fax:(01)611970

FRANCE

CEDOCAR
00460 Armées
Tel:(1)4552 4500, Fax:(1)4552 4574

SPAIN

DGAM
C/ Arturo Soria 289
28033 Madrid
Tel:(91)2020640, Fax (91)2028047

GERMANY

DOKFIZBw
Friedrich-Ebert-Allee 34
5300 Bonn 1
Tel: (0228)233091, Fax:(0228)125357

TURKEY

Genelkurmay Genel Plan Prensipler
Savunma Araştırma Daire Başkanlığı
Ankara
Tel:(4)1176100 ext.1684, Fax:(4)11763386

GREECE

National Defence Headquarters
R+T Section (D3)
15561 Holargos, Athens
Tel: (01)64 29 008

UNITED KINGDOM

DRIC.
Kintigern House, 65 Brown Street
Glasgow G2 8EX
Tel:(041)224 2435, Fax:(041)224 2145

ITALY

MOD Italy
SEGREDIFESA IV Reparto PF.RS
Via XX Settembre, 123/A
00100 Roma
Tel:(06)735 3339, Fax:(06)481 4264

UNITED STATES

DTIC
Cameron Station
Alexandria, VA 22304-6145
Tel:(202)274-7633, Fax:(202)274-5280

**DEFENCE RESEARCH SECTION
NATO HEADQUARTERS
B 1110 BRUSSELS
BELGIUM**

Telephone [32](2)728 4285 - Telefax [32](2)728 4103
(not a DRG Document Distribution Centre)

UNCLASSIFIED - UNLIMITED